A BENGALI MANUAL

MINE SURVEYING

খনিজরিপ।

ROBERTSON, MONDAL.

রবার্টসন্, মণ্ডল।

কলিকাতা।

বেঙ্গল সেক্রেটারিয়েট যন্ত্রালয়ে মুদ্রিত।

১৯২১।

[Price, Rs. 4.]

সূচীপত্র।

পৃষ্ঠা।

অষ্টম অধ্যায়—বিবিধ সম্পাদ্য।

নবম অধ্যায়—আরও বিবিধ সম্পাদ্য।

চিত্রের তালিকা।

প্রথম অধ্যায়।

ভূমিকা। রৈখিক পরিমাণ (linear measurements).

খনির জরিপ করিতে হইলে সাধারণতঃ কোণ, দূরত্ব এবং উচ্চতা ইত্যাদি মাপ করিতে হয়। এই সমস্ত মাপের সাহায্য জরিপকারী (surveyor) খনির নক্সা (পাতিত চিত্র) ও ছেদ * প্রস্তুত করিতে সমর্থ হন। ঐ নক্সা ও ছেদ দ্বারা খনির প্রকৃত অবস্থার ক্ষুদ্র স্বরূপচিত্র (ছবি) পাওয়া যায়। ফলে, খনির নিরবচ্ছিন্নভাবে কার্য্য নির্ব্বাহের সুবিধা হয়।

কোন দ্রব্যের নক্সা আঁকিতে হইলে সেই দ্রব্যস্থিত সমস্ত বিন্দুকে একটী ক্ষিতিজতলে প্রক্ষিপ্ত (projected) বলিয়া কল্পনা করিতে হয়, এবং বিন্দুগুলির ঐ তলে পারস্পরিক স্থিতিসম্বন্ধ নক্সায় প্রদর্শিত হয়। সেইরূপ কোন দ্রব্যের ছেদ দেখাইতে হইলে ঐ দ্রব্যস্থিত বিন্দুগুলিকে একটী উর্দ্ধাধঃ তলে প্রক্ষিপ্ত বলিয়া কল্পিত হয়, এবং বিন্দু সমূহের ঐ তলে তাদৃশ স্থিতিসম্বন্ধ ছেদে নির্দ্দিষ্ট হয়। নক্সা এবং ছেদে দ্রব্যস্থিত বিন্দুগুলির যে সমস্ত পারস্পরিক স্থিতিসম্বন্ধ দেখান হয়, সেই সকল সম্বন্ধ একটী সমোচ্চরেখমানচিত্রে (contour map) এক সঙ্গে প্রদর্শিত হইতে পারে। এই মানচিত্র বহুকার্য্যে এবং প্রধানতঃ ভূতত্ত্ব সম্বন্ধীয় (geological) জরিপে আবশ্যক হয়। কয়লাখনিতে ইহার ব্যবহার কদাচিৎ হইয়া থাকে। কয়লাখনিতে সাধারণতঃ নক্সা এবং ছেদই যথেষ্ট। জরিপ কার্য্যের সমস্ত মূলতত্ত্বই একমাত্র জ্যামিতি হইতে উৎপন্ন। অতএব জ্যামিতির মুখ্য নিয়মগুলির সহিত পরিচিত ছাত্রের পক্ষে উহাদিগকে জরিপ কার্য্যে প্রয়োগ করা সহজ সাধ্য।

সকল প্রকার খনিজরিপই বিশেষ সতর্ক হইয়া করা আবশ্যক। কারণ এই জরিপ দ্বারা ভূপৃষ্ঠে খনির সীমানা নির্দ্দিষ্ট হয়, এবং উপরিস্থ সমস্ত চিহ্ন (surface marks) ও খনির সীমানার সহিত নিম্নস্থ যাবতীয় কার্য্যের (নিম্নস্থ

---

* কোন দ্রব্যের ক্ষিতিজতলগত (ক্ষিতিজতল horizontal plane) লম্বচ্ছায়াকে (projection) নক্সা (plan), এবং ঐ দ্রব্যের কতকাংশে কর্ত্তন করিলে বাকীর উর্দ্ধাধঃ তলস্থ (উর্দ্ধাধঃ তল vertical plane) লম্বচ্ছায়াকে ছেদ (section) বলে।

কার্য্য underground workings) সম্বন্ধে সম্পর্ক নক্সায় যথাযথ অঙ্কিত হয়। সম্পত্তির আকৃতি অনুসারে যে ভাবে নিম্নস্থ কার্য্য চালাইলে খনি অত্যন্ত সুফলপ্রদ হইবে এই জরিপের সাহায্যে সেইভাবে কার্য্য চালিত হয়। এতদ্দ্বারা পার্শ্ববর্ত্তী খনিতে নিম্নস্থ কার্য্য অবৈধভাবে চালান নিবারিত হয় ; এবং উপরিস্থ বহুমূল্য গৃহগুলির কিম্বা রেল. খাল, নদী এবং প্রয়োজনীয় নালা ইত্যাদির যাহাতে অনিষ্ট না হয়. সেইজন্য উহাদের নীচে কাঁথি (pillar) ছাড়া যাইতে পারে।

মালকাটা অথবা খনকগণ (miners) যাহাতে সমস্ত রাস্তার বিশেষতঃ হলেজ রাস্তার অর্থাৎ যে স্থানে কলে গাড়ী টানিয়া কয়লা বহন করা হয় তাহার (haulage roads) দিক ঠিক রাখিতে পারে, তন্নিমিত্ত প্রায় প্রত্যহ জরিপ-কারীকে খনির অভ্যন্তরে রাস্তা নির্দ্দেশক রেখা সমূহ টানিয়া রাখিতে হয়। মাঝে মাঝে তাঁহাকে রাস্তা এবং নিঃশেষিত স্থান সমূহ (workings) মাপিয়া নক্সায় বসাইতে হয়। এইরূপ বসাইলে জরিপের তারিখ পর্য্যন্ত * আওতানগুলি অর্থাৎ যে সকল স্থান হইতে কয়লা কাটা হইতেছে সেই স্থানগুলি (working faces) নক্সায় থাকিবে। তিনি রাস্তার প্রবণতা (gradient), জল নিকাশের বন্দোবস্ত এবং স্থানচ্যুতি (fault) ভেদ করিয়া রন্ধ্র (drivage) খনন করিতে জলসমীকরণ (level) যন্ত্রযোগে রাস্তার বিভিন্ন অংশের উচ্চাবচতা স্থির করেন। পরস্পর হইতে বিচ্ছিন্ন দুইটী স্থানকে একটী রাস্তা দ্বারা ঠিক সংযোজিত করিতে হইলে সেই রাস্তা কি ভাবে যাইবে জরিপকারীকে নির্দ্দেশ করিতে হয়। একটী নক্সায় একটী বিন্দু লইলে অন্য নক্সায় কোন্ বিন্দু পূর্ব্ব বিন্দুর ঠিক উপরে অবস্থিত তাহাও জরিপকারা সূক্ষ্মভাবে নির্ণয় করেন ; উহার একটী উদাহরণ—ভূপৃষ্ঠ হইতে কয়লার স্তরে বা স্তর হইতে স্তরান্তরে বাষ্প ইত্যাদি শক্তি প্রেরণ করিতে হইলে কোন্ স্থলে বোর-গর্ত্ত (bore hole) করিতে হইবে তাহা নিরূপণ করা। টব-গাড়ী যাহাতে রাস্তায় নির্ব্বিঘ্নে যাইতে পারে. সেই নিমিত্ত রাস্তার কোন্ কোন্ স্থান বক্র হওয়া আবশ্যক. এবং ঐ স্থানে বক্ররেখা (curve) কি ভাবে যাইবে, জরিপকারীকে দেখাইতে হয়। এই কার্য্যনিচয় বিশেষ যত্নের সহিত করা একান্ত বাঞ্ছনীয়. এবং ইহা স্মরণ রাখিতে হইবে যে. ভূপৃষ্ঠ অপেক্ষা খনির ভিতরে কাজ করা অধিকতর কষ্টকর। কারণ খনির ভিতরে সমস্ত কার্য্যই সঙ্কীর্ণ এবং প্রায়ই বক্র ও বন্ধুর রাস্তায় করিতে হইবে। এতদ্‌ব্যতীত ঐ সকল স্থান অন্ধকারময়. কেবল মাঝে মাঝে তথায় খনকগণের বাতি দ্বারা কোন কোন স্থান অল্প আলোকিত হয়।

* ভারতীয় কয়লা খনির আইন (Indian Coal Mines Regulation Act) অনুসারে ছয় মাস পূর্ব্ববর্ত্তী খনির সমস্ত কার্য্য নক্সায় অবশ্য অঙ্কিত রাখিতে হইবে।

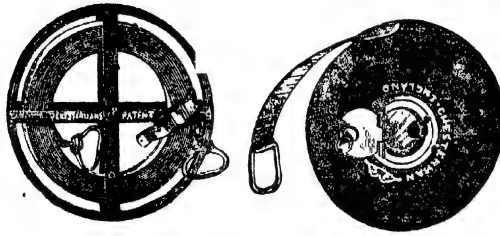
নক্সায় অঙ্কিত করিবার জন্য রৈখিক পারমাণের যে ক্ষুদ্রতম একক ব্যবহৃত হয়, তাহাই ফুট। উর্দ্ধাধঃ তলে ছেদ দেখাইতে হইলে ফুটকে দশ এবং শতভাগে বিভক্ত করা হয়। নিম্নে রৈখিক পরিমাণের সাধারণ এককাবলির তালিকা প্রদত্ত হইল :—

রৈখিক পরিমাণের এককাবলি (units of linear measurements)।

	মাইল।	ফার্লঙ।	পোল।	গজ।	ফুট।
মাইল ...	১				
ফার্লঙ ...	৮	১			
পোল ...	৩২০	৪০	১		
গজ ...	১৭৬০	২২০	৫½	১	
ফুট ...	৫২৮০	৬৬০	১৬½	৩	১

উপরোক্ত এককাবলি ব্যতীত ইংলণ্ড ও স্কট্‌লণ্ড দেশে ফ্যাদম (fathom দুই গজ) এবং গাণ্টারের শিকল (Gunter's chain ৬৬ ফুট) নামক এককদ্বয় বিশেষ প্রচলিত। ১০ গাণ্টারের শিকল ঠিক ১ ফার্লঙের সমান. এবং ১০ বর্গ শিকলে এক একর (acre) হয় বলিয়া এই শিকল কার্য্যোপযোগী। ইহার শততমাংশকে লিঙ্ক (link) বলে। এক লিঙ্ক ৭·৯২ ইঞ্চির সমান ; অতএব লিঙ্কের ব্যবহার সুবিধাজনক নহে। ভারতবর্ষে ১০০ ফুট শিকল সর্ব্বত্র প্রচলিত। উহার এক লিঙ্ক এক ফুট। মোটের উপর উহা অধিকতর ব্যবহার্য্য যন্ত্র। শিকল লোহ কিম্বা ইস্পাতের তার দ্বারা প্রস্তুত হয়। প্রত্যেক লিঙ্ক পরবর্ত্তী লিঙ্কের সহিত তিনটী ছোট ছোট কড়া (ring) দ্বারা সংযুক্ত। যাহাতে লিঙ্কে পাক লাগিয়া না যায় তন্নিমিত্ত শিকলের প্রান্তে হাতল দুইটী উহার সহিত সুইভেল-জয়েন (swivel joint) দ্বারা সংযুক্ত। অতএব হাতলকে অবাধে ঘুরাইতে পারা যায়। প্রত্যেক দশম লিঙ্কে একটী পিতলের পদক (tally) থাকে। চিত্রে পদক দেখান হইয়াছে। উহাতে এইরূপে দাঁত কাটা আছে যে, শিকলকে উভয় দিক হইতে সমান সুবিধামত পাঠ করা যায়। দুই পদকের মধ্যবর্ত্তী পঞ্চম লিঙ্কে একটী ছোট অতিরিক্ত কড়া ঝুলান আছে। সাধারণ ফিতা, ইস্পাতের ফিতা এবং মাপচক্র (measuring wheel) ইত্যাদি যন্ত্র দ্বারাও রেখা পরিমিত হয়। সাধারণ ফিতা অল্পদিন ব্যবহারেই বাড়িয়া যায়, কাজেই মাপ নির্ভুল হয় না। যত্ন সহকারে ব্যবহার করিলে ইস্পাতের ফিতার সাহায্যে সঠিক মাপ পাওয়া যায়, কিন্তু অসাবধানে কাজ করিলে উহাতে গাঁইট লাগিবার সম্ভাবনা। মাপচক্রের ব্যাস ২ ফুট। উহাকে জমির উপর গড়াইলে পাগাড়ীতে সংযুক্ত দূরত্ব মাপক যন্ত্রে

(cyclometer) যে ভাবে আপনা হইতে দূরত্ব সূচিত হয় ইহা দ্বারাও প্রায় সেইভাবে দূরত্ব নির্দ্ধারিত হয়। এতদ্দ্বারা দ্রুত কার্য্য হয়, কিন্তু কেবল অবন্ধুর জমিতেই যথাযথ ফল পাওয়া যায়।

১ চিত্র—সাধারণ শিকল।

২ চিত্র—ইস্পাতের ফিতা।

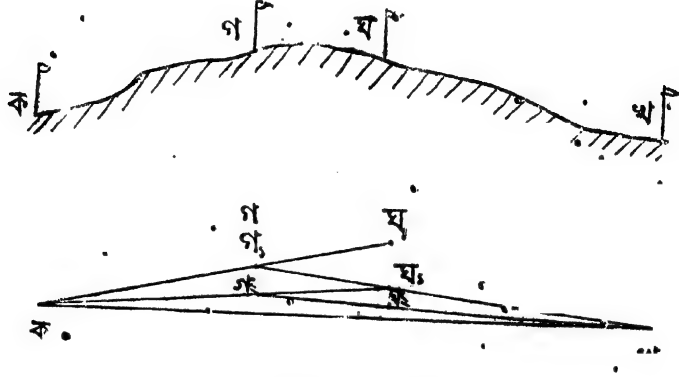
উপরিস্থ জরিপ (surface survey) কার্য্যে সূয়া বা সূজা (arrow or dart) বিশেষ প্রয়োজনীয়। সূয়ার সাহায্যে প্রত্যেক সম্পূর্ণ শিকলের প্রান্ত

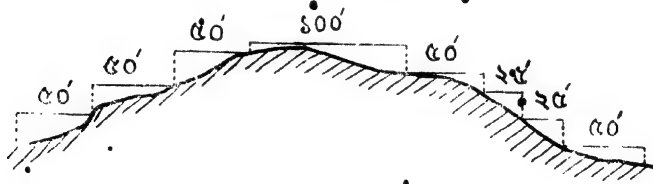
জমিতে চিহ্নিত হয়। উহারা সংখ্যায় ১০টা, অতএব সমস্ত ব্যবহৃত হইলে স্বতঃই ১,০০০ ফুট (অথবা লিঙ্ক) গণিত হয়। খনির ভিতরে রাস্তার তলি (floor) কঠিন বলিয়া নিম্নস্থ জরিপে সূয়া ব্যবহার করা যায় না। ঐ স্থানে অগ্রগামী কুলি (leader) প্রত্যেক শিকল যেখানে শেষ হয়, তথায় লৌহবর্ত্মের (rails) উপর চাখড়ির দাগ দেয়, এবং কতগুলি সম্পূর্ণ শিকল হইল তাহাও লিখিয়া রাখে। প্রতিবন্ধক শূন্য চৌরস ভূমিতে শিকল দ্বারা মাপ করা অত্যন্ত সহজ।

ক্ষিতিজতলে মাপ করার আবশ্যকতা (necessity of horizontal measurements)।

শিকলের রেখাগুলিকে অর্থাৎ শিকল দ্বারা পরিমিত রেখা (chain lines) সমূহকে জরিপকারী ঋজুভাবে রাখিতে সতত চেষ্টিত থাকিবেন। এরূপ করিতে হইলে অনুগামী কুলি (follower) যে দিকে শিকল দ্বারা মাপিতে হইবে সেই দিকস্থিত একটী দূরবর্ত্তী পদার্থকে লক্ষ্য করিবে, এবং শিকল যে পর্য্যন্ত না সেই দ্রব্যের সহিত এক রেখায় আইসে, সে পর্য্যন্ত অগ্রগামী কুলিকে দক্ষিণে এবং বামে সরিতে বলিবে। জমির বন্ধুরতা নিবন্ধন দূরবর্ত্তী পদার্থ ঠিক করিতে না পারিলে কতকগুলি ঝাণ্ডি (staff) শ্রেণীবদ্ধ (ranging) করিয়া ঋজু রেখা রক্ষা করিতে হইবে। ঝাণ্ডির এক প্রান্ত লৌহের পাতে মুড়িয়া প্রেকের মত করা হয়। ঐ প্রান্ত জমিতে প্রোথিত হয়, অবশ্য অগ্রে প্রত্যেক ঝাণ্ডিকে অন্য দুইটি ঝাণ্ডির সাহায্যে উহাদের সহিত এক রেখায় আনিতে হইবে। খনির ভিতর এই কার্য্য বাতির সাহায্যে করা হয়। শিকল দ্বারা যে রেখা মাপা হইতেছে তাহাতে কখন কখন গৃহ, ঘাসের স্তূপ ইত্যাদি এমন বহু বাধা আসিতে পারে যাহাদের উপর দিয়া মাপ করা যায় না। এস্থলে রেখা ত্যাগ করিয়া প্রতিবন্ধকের অন্য পার্শ্বে পূর্ব্বানুসৃত দিকেই উহাকে চালান যাইতে পারে। এতদ্বিষয় অধ্যায়ের শেষে সম্পাদ্যের মধ্যে বর্ণিত হইয়াছে।

বন্ধুর জমিতে এক রেখায় ঝাণ্ডি শ্রেণীবদ্ধ করিবার সময় প্রায় দেখা যায় যে, রেখার শেষে ঝাণ্ডি অথবা চিহ্ন একটী ক্ষুদ্র মৃত্তিকাস্তূপের অন্তরালে থাকাতে কিয়ৎক্ষণের নিমিত্ত দৃষ্টিগোচর হইতেছে না। এক্ষেত্রে পশ্চাদ্বর্ত্তী ঝাণ্ডির সাহায্যে রেখাটী পূর্ব্বমত বর্দ্ধিত করা যাইতে পারে। কিন্তু যদি পশ্চাদ্বর্ত্তী ঝাণ্ডিও অদৃশ্য হয়, তবে নিম্নলিখিত উপায় অবলম্বনীয়। কোন স্থানে শিকল দ্বারা মাপ হইতেছে। ঐ স্থানের নক্সা ও ছেদ তৃতীয় চিত্রে দেওয়া হইল। দুইটী ঝাণ্ডি-কুলি (flagman) এমন স্থানে দাঁড়াইবে যেখান হইতে উভয়েই যেন ক এবং খ বিন্দু দেখিতে পায়। মনে কর নক্সায় গ এবং ঘ তাহাদের প্রথম স্থান। ঘ কুলি গ কে ক এর সহিত এক রেখায় গ: স্থানে স্থাপিত করিবে। গ কুলি ঘ কে খ এর সহিত এক রেখায় ঘ: স্থানে আনয়ন করিবে। এই প্রকারে পর্য্যায়ক্রমে স্থাপিত হইলে উহারা এমন জায়গায় আসিবে যেখান হইতে

কোন কুলিকেই সরিয়া যাইতে হইবে না। ঐ স্থানই ক এবং খ এর সহিত এক রেখায় হইবে। এই উপায়ে ঝাণ্ডি শ্রেণীবদ্ধ করাকে দ্বিশ্রেণীবদ্ধ (double ranging) উপায় বলে।

৩ চিত্র—দ্বিশ্রেণীবদ্ধ উপায়।

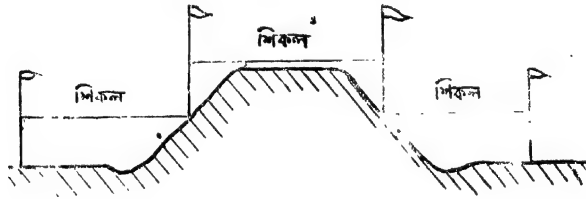
বিশেষ কারণ ব্যতীত সমস্ত মাপই ক্ষিতিজতলে (horizontally) লইতে হইবে। ঐ বিষয়টী অত্যন্ত প্রয়োজনীয়। জমির অল্প ঢাল ভূপৃষ্ঠে যত স্পষ্ট বুঝা যায় নিম্নে (underground) তত বুঝা যায় না. এবং সেই হেতু খনির ভিতরে জরিপকারী ঐরূপ মাপ লইতে অনেক সময় বিস্মৃত হন। ক্ষিতিজতলে বস্তুর লম্বচ্ছায়াকে নক্সা বলে ; সেই জন্য ঐ তলে মাপ বিশেষ আবশ্যক। একটী পর্ব্বত সুড়ঙ্গ ভেদ করিয়া নির্গত রেল পথের বিষয় চিন্তা করিলেই অন্য প্রকার মাপের অযৌক্তিকতা সহজে বোধগম্য হইবে। সুড়ঙ্গের দৈর্ঘ্য উহার ভিতর দিয়া অথবা পর্ব্বতের উপর দিয়াও শিকল দ্বারা মাপা যায়। শেষোক্ত উপায়ে ক্ষিতিজতলে মাপ (horizontal measurement) না হইলে জরিপকারী নক্সায় অঙ্কিত করিবার জন্য সুড়ঙ্গের দুইটী বিভিন্ন মাপ পাইবেন। ইহা অত্যন্ত অসঙ্গত।

৪ চিত্র—ধাপে ধাপে শিকল দ্বারা মাপি করা : উর্দ্ধাধঃ দূরত্বগুলি বৃহৎ মানানুসারে অঙ্কিত হইয়াছে।

ঢালু জায়গার উপরে অথবা নীচের দিকে শিকল দ্বারা মাপিবার সাধারণ উপায় চতুর্থ চিত্রে সহজবোধ্য করিয়া অঙ্কিত হইয়াছে। ঢাল কম হইলে সম্পূর্ণ

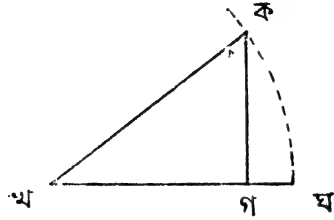
শিকল ব্যবহার করা যাইবে, কিন্তু প্রায়শঃই উহার অল্পাংশ আবশ্যক হয়। প্রবণতা বিভিন্ন হইলে স্থূলতঃ শিকলের কত অংশ ব্যবহার করিতে হইবে, নিম্ন তালিকা হইতে তাহা পাওয়া যাইবে। উহাতে নীচের দিকের কুলি শিকলের প্রান্ত ৫ ফুট উর্দ্ধে ধরিবে এইরূপ অনুমান করিয়া তালিকায় প্রতি ধাপের ক্ষিতিজতলে মাপ ফুটে দেওয়া হইয়াছে।

নতির কোণ। (angle of dip)।	নতির পরিমাণ। (amount of dip)।	প্রতি ধাপের ফুটে ক্ষিতিজতলে মাপ।
৩°	২০ এ ১	১০০
৪°	১৫ এ ১	৭৫
৫°	১২ এ ১	৬০
৬°	১০ এ ১	৫০
৭	৮ এ ১	৪০
১১° ১/২	৫ এ ১	২৫
১৪	৪ এ ১	২০

কার্য্যের সুবিধার নিমিত্ত সাধারণতঃ প্রতি ধাপ ২৫ কিম্বা ৫০ ফুট করা হয়।

পঞ্চম চিত্রে এক লঙ্ঘনীয় দ্রব্যের (যাহার উপর দিয়া মাপ করা যায়, যথা রেল পথের বাঁধ) উপর দিয়া শিকল দ্বারা মাপিবার সরল উপায় প্রদর্শিত হইল।

৫ চিত্র—একটা বাঁধের উপর দিয়া শিকল দ্বারা মাপ।

একটী লম্বা ঢালু জায়গার সমস্ত অংশের প্রবণতা (gradient) একরূপ, এবং তাহার পরিমাণ জানা আছে। এস্থলে উপরে কিম্বা নীচের দিকে ঢাল ধরিয়া (along the slope) শিকল দ্বারা মাপিলে শ্রম লাঘব হইবে, অপিচ সময়ও কম লাগিবে। পরে অফিসে ঐ মাপ হইতে ক্ষিতিজতলে দূরত্ব নিরূপিত হইতে পারে। খনির কার্য্যে ঈদৃশ ঢাল সর্ব্বদা পাওয়া যায় না। জায়গার প্রবণতা অধিক হইলে যদি সাধারণ উপায়ে মাপ করিতে হয়, তবে প্রত্যেক ধাপ অত্যন্ত ক্ষুদ্র হইবে; ফলে, কার্য্য বিরক্তিকর হইবে। এইরূপ স্থানকে বিভিন্ন ঢালে ভাগ করিয়া প্রত্যেক ঢাল শিকল দ্বারা মাপিতে হইবে। পরে মাপগুলির ক্ষিতিজতলে

তুল্যমান (horizontal equivalents) গণনা করিলেই চলিবে। উদাহরণ স্থলে—ষষ্ঠ চিত্রে খক রেখা ঢাল ধরিয়া মাপা হইয়াছে। কখঘ কোণ জানা আছে.

৬ চিত্র।

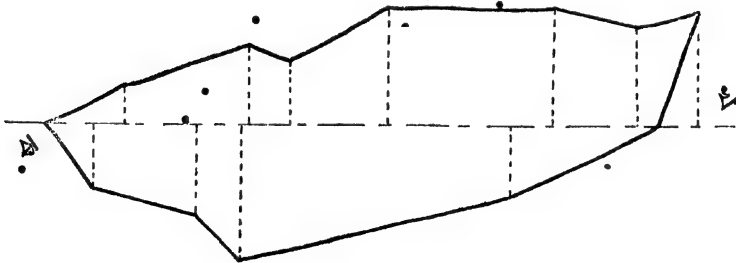
এবং যদি ক্ষিতিজতলগত রেখা খঘ এর উপর কগ লম্ব (perpendicular) টানা হয়, তবে খগ খক এর ক্ষিতিজস্তলে তুল্যমান। এখন খগ কে মাপিয়া নক্সায় অঙ্কিত করা যাইবে। এভাবে মাপিবার অনুশীলন অধ্যায়ের শেষ ভাগে সম্পাদোর মধ্যে দৃষ্ট হইবে।

এই প্রকার অথবা ঈদৃশ প্রশ্নের মীমাংসা করিতে ছাত্রদিগের নিম্নলিখিত তালিকার প্রয়োজন হইবে:—

কোণ।	প্রতি গজে কত ইঞ্চি।	প্রবণতা।	শিকল প্রতি কত বাদ দিতে হইবে।
৩°	১.৮৮	১৯.০ এ ১	০.১৪
৪°	২.৫১	১৪.৩ এ ১	০.২৪
৫°	৩.১৫	১১.৪ এ ১	০.৩৮
৬°	৩.৭৮	৯.৫ এ ১	০.৫৫
৭°	৪.৪২	৮.১ এ ১	০.৭৪
৮°	৫.০৬	৭.১ এ ১	০.৯৭
৯°	৫.৭০	৬.৩ এ ১	১.২৩
১০°	৬.৩৪	৫.৭ এ ১	১.৫২
১২°	৭.৬৫	৪.৭ এ ১	২.১৯
১৪°	৮.৯৮	৪.০ এ ১	২.৯৭
১৬°	১০.৩২	৩.৪ এ ১	৩.৮৭
১৮°	১১.৬৯	৩.১ এ ১	৪.৮৯
২০°	১৩.১০	২.৭ এ ১	৬.০৩
২২°	১৪.৫৪	২.৪ এ ১	৭.২৮
২৪°	১৬.০৩	২.২ এ ১	৮.৬৫
২৬°	১৭.৫৬	২.০ এ ১	১০.১২
২৮°	১৯.১৪	১.৯ এ ১	১১.৭১
৩০°	২০.৭৮	১.৭ এ ১	১৩.৪০
৩২°	২১.৬২	১.৬ এ ১	১৫.১৯
৩৪°	২৪.২৮	১.৫ এ ১	১৭.১০

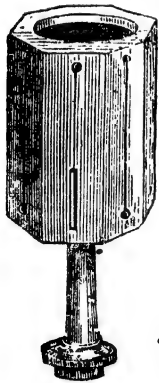
ধাপে ধাপে (in steps) শিকল দ্বারা মাপ করিবার সময় স্মরণ রাখিতে হইবে যে. শিকলকে ক্ষিতিজতলে প্রসারিত করিতে চেষ্টা করিলে দুইটী ব্যাপার সংঘটিত হয় ; অর্থাৎ যতই জোরে টানা যাউক না কেন শিকলের মধ্যভাগ ঝুলিয়া পড়ে. সেইজন্য মাপ ছোট হয়, এবং সঙ্গে সঙ্গে ইস্পাত স্থিতিস্থাপক (elastic) বলিয়া শিকল কতকটা বাড়ে. এইহেতু মাপ বড় হয়। এই দুইটী ব্যাপারে পরস্পরের প্রতিক্রিয়া হয়, এবং উহাদের সামঞ্জস্য করিতে হইলে একটী নির্দ্দিষ্ট বল প্রয়োগ আবশ্যক। অধ্যাপক লুই (Prof. Louis) শিকল লইয়া পরীক্ষা করিয়া দেখিয়াছেন। তিনি বলেন প্রচলিত ৬৬ ফুট লম্বা গাণ্টারের শিকলকে ১৫ পাউণ্ড বলে টানিলে ঠিক যতটুকু বাড়ে. তদ্দারা ঝুলিয়া যাওয়ার প্রতিক্রিয়া হয়। অতএব ঝুলাইয়া মাপিবার সময় ৫০ ফুট লম্বা শিকলাংশ ব্যবহার করিয়া নির্ভুল ফল পাইতে হইলে মোটামুটি ১২ পাউণ্ড বল প্রয়োগ আবশ্যক। একটী প্রয়োজনীয় জরিপ করিবার পূর্ব্বে ও পরে এবং দৈনিক কার্য্যের জন্য সময়ে সময়ে সম্পূর্ণ শিকল এবং মধ্যবর্ত্তী দশম লিঙ্ক সমূহের দৈর্ঘ্য পরীক্ষা করা ও আবশ্যকমত শোধন করা উচিত। ইস্পাতের ফিতার সহিত তুলনা করিয়া শিকল পরীক্ষা করা যায় ; কিন্তু একটী ফিতা কেবল ঐ কার্য্যের জন্য রাখিতে হইবে। প্রস্তরের কিম্বা বিলাতী মাটীর পাকা মেঝেতে খুঁটালির সাহায্যে সম্পূর্ণ শিকলের এবং দশম লিঙ্কগুলির দাগ কাটিয়াও শিকল পরীক্ষা করা চলে। এই কার্য্যের জন্য একটী লম্বা পাকা বারান্দা বিশেষ উপযোগী।

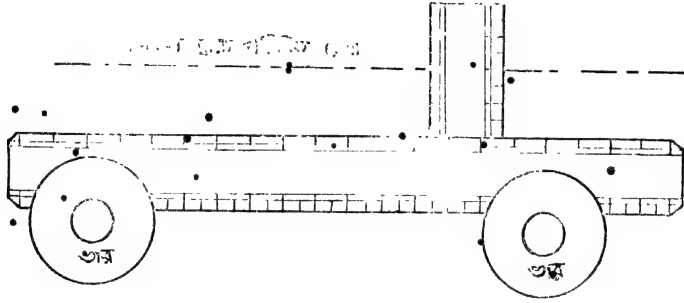
শাখাদূরত্ব (offset)

অত্যন্ত সহজ ভাবে জরিপ করিতে হইলে একটী দিকে শিকল দ্বারা ঋজু রেখা মাপ করা হয়, এবং ঐ রেখা হইতে প্রধান দ্রব্যগুলির শাখাদূরত্ব মাপা হয়। লম্বা অপ্রশস্ত ক্ষেত্র ঐ ভাবে জরিপ করা হয়। সপ্তম চিত্রে এইরূপ জরিপের নক্সা দেওয়া হইল। উহা একটী সরল রেখা হইতে শাখাদূরত্ব মাপিয়া করা হইয়াছে। ঐ জরিপের ক্ষেত্র-পুস্তক (field-book) লিখন প্রণালী নিম্নে দেখান হইল :—

৭ চিত্র। মান ২০০ ফুট = ১ ইঞ্চি।

		খ	
		⊙	
		১৩৫০	
বেড়ার কোণ	২০৮	১২৮৪	
		১১১৬	বেড়া শিকলের রেখা পার হইল।
	১৮০	১১৭১	
	২১৪	১০০৫	
		৯৪৭	১৩০
	২১৫	৭০০	
	১১৬	৫১৮	
	১৪৩	৪৫০	
		৪৩৪	২৪৫
		৩৪৬	১৬৬
	৬৫	২১০	
		১৬০	১১১
		৭০	বেড়ার কোণ
		⊙	
		ক	

শিকলের রেখার (chain line) সহিত শাখাদূরত্ব সমকোণে হইবে। মোটা-মুটি কার্য্যের জন্য সমকোণ নজরে (কেবল চক্ষু দ্বারা) ঠিক করা হয় ; কিন্তু সূক্ষ্ম কার্য্যে শিকল কিম্বা ফিতার ব্যবহার করা উচিত। অধ্যায়ের শেষে সম্পাদ্যের মধ্যে এই প্রসঙ্গ আলোচিত হইয়াছে। এইরূপ কার্য্যে ক্রুশ-ঝাণ্ডিও (cross-staff) ব্যবহৃত হয়। একটী সরলাকৃতি ক্রুশ-ঝাণ্ডির ছবি অষ্টম চিত্রে প্রদত্ত হইল।

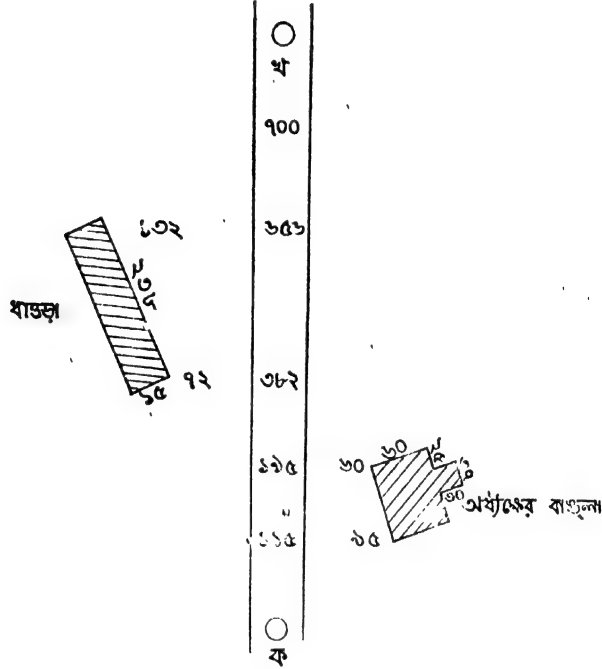
৮ চিত্র—ক্রুশ-ঝাণ্ডি।

ঝাণ্ডির সূচাল প্রান্ত জমিতে প্রোথিত করিয়া উহার একটী দৃষ্টিফলক (sight vane) শিকলের রেখার দিকে রাখিবে ; অন্য ফলক পূর্ব্বোক্তটীর সমকোণে থাকে। ইহা দ্বারা যে বস্তুর শাখাদূরত্ব মাপা আবশ্যক তাহাকে দেখিতে হইবে, এবং কয়েকবার ইতস্ততঃ সরাইয়া ঝাণ্ডিকে এমন স্থানে রাখিতে হইবে, যেখান হইতে ঐ বস্তুকে কর্ত্তন করা (intersect) যাইতে পারে, অর্থাৎ ঝাণ্ডির দৃষ্টিরেখা (line of sight) বস্তুর সহিত এক রেখায় আসিতে পারে। এখন ক্রুশ-ঝাণ্ডির দৃষ্টিরেখা শিকলের রেখার সমকোণে হইবে। এক টুকরা সম-চতুরস্র (square) তক্তার উপরে করাত দ্বারা দুইটী দাগ পরস্পর লম্বভাবে করিবে, এবং কাষ্ঠখানি একটী

পায়ায় প্রেকের সাহায্যে সমকোণে আঁটিয়া দিলে একটী সহজ এবং কার্য্যোপযোগী ক্রুশ-ঝাণ্ডি হইবে। শাখাদূরত্ব নক্সায় অঙ্কিত করিতে হইলে যে সকল বিন্দু হইতে ঐ দূরত্বগুলি মাপ করা হইয়াছে সেইগুলি শিকলের রেখায় অঙ্কিত করিবে ; এবং ঐ বিন্দু সমূহের মধ্য দিয়া অল্প জোরে (lightly) উক্ত রেখার সমকোণে রেখা টানিয়া তাহাতে সঙ্গে সঙ্গে শাখাদূরত্ব মানানুসারে (to scale) মাপিয়া বসাইবে। নবম চিত্রে দ্রুত নক্সা করিবার সুকর উপায়

৯ চিত্র।

প্রদর্শিত হইল। প্রত্যেক নক্সা করিবার যন্ত্রের বাক্সে (drawing instrument box) দুই একটী ছোট গজদন্তের প্রায় দুই ইঞ্চি লম্বা রেখামানদণ্ড (linear scale) দেওয়া থাকে। ইহা ব্যবহার করিবার প্রণালী চিত্রে দেখান হইয়াছে। শিকলের রেখার এক ইঞ্চি অন্তরে বড় মানদণ্ডটী বসাইয়া উহার উপর একটী ভার চাপাইবে, এবং ছোট দণ্ডটী বড়টীর পার্শ্বে রাখিয়া যেরূপে সেট্-স্কয়ার (set square) টি-স্কয়ারের (T square) পার্শ্বে স্থাপিত করিয়া সরান হয় সেইরূপে পিছলাইয়া সরাইবে। ছোট মানদণ্ডের কেন্দ্ররেখা শিকলের রেখার উপর থাকিবে, এবং তীক্ষ্ণ সূচাগ্র কাগজে বিদ্ধ করিয়া শাখাদূরত্ব দ্রুত কাগজে অঙ্কিত করিবে। শাখাদূরত্ব দীর্ঘ হইলে এক ইঞ্চি মানদণ্ডে কুলাইবে না। সুতরাং এই উপায় সম্ভবপর নহে।

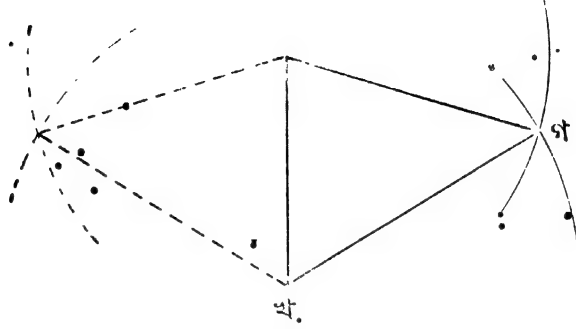
যে জরিপে কেবল শিকল দ্বারা ঋজু রেখা পরিমিত ও উহা হইতে শাখাদূরত্ব মাপ করা হয় তাহাতে গৃহ ইত্যাদি সহজেই জরিপ করিয়া নক্সা করা যায়, বিশেষতঃ ঘরের দেওয়ালগুলি যদি পরস্পর সমকোণে থাকে। দশম চিত্রে ঐ জরিপের উদাহরণস্বরূপ ক্ষেত্র-পুস্তকের এক পৃষ্ঠা দেওয়া হইল। ছাত্রেরা অনায়াসে উহাকে অঙ্কিত করিতে পারিবে।

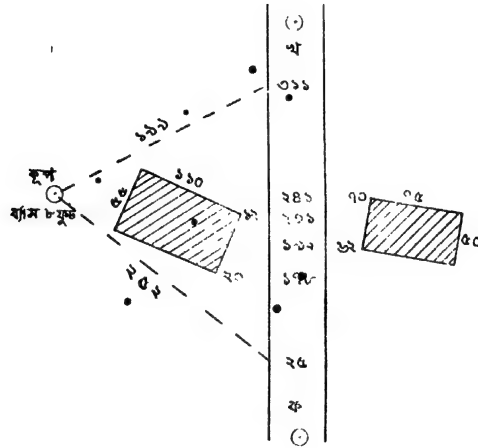
কেবল শিকল দ্বারা জরিপ করিতে হইলে ত্রিভুজের সাহায্য বিশেষ আবশ্যক। কারণ মনে কর, একটী ত্রিভুজে ভূমির (base) দৈর্ঘ্য জানা আছে, এবং উহার বাহুদ্বয় (sides) মাপ করা হইয়াছে, তবে উহার চূড়া (apex) নক্সায় যথাযথ অঙ্কিত করা যাইতে পারে। দৃষ্টান্ত-

ত্রিভুজের সাহায্য লওয়া (the help afforded by the triangle)।

১০ চিত্র।

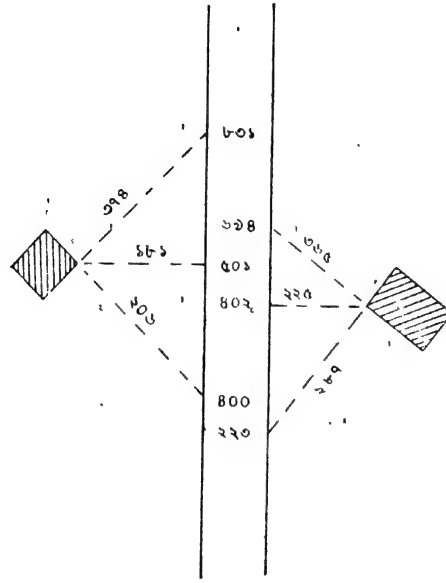
স্থলে—একাদশ চিত্রে যদি কখ ভূমি এবং খগ ও কগ বাহুদ্বয়ের দৈর্ঘ্য জানা থাকে, তাহা হইলে ক এবং খ কে কেন্দ্র করিয়া দুইটী বৃত্ত টানিলে উহারা গ বিন্দুতে পরস্পর কর্ত্তন করিবে। এই বিন্দুই ত্রিভুজের চূড়া। চিত্র হইতে বুঝা যায়, আমরা গ বিন্দুর কেবল দুইটী স্থান পাইতে পারি ; কিন্তু কেবলমাত্র অত্যন্ত অসাবধানে ক্ষেত্র-পুস্তক লিখিত হইলে কোন্ বিন্দুটী ঠিক সে বিষয়ে জরিপ-কারীর সন্দেহ হইতে পারে।

কোন দ্রব্য দূরে অবস্থিত বলিয়া অথবা অন্য কারণে উহার শাখাদূরত্ব মাপা যাইতেছে না, কিন্তু উহাকে নক্সায় অঙ্কিত করিতে হইবে। দ্রব্যটীকে

ত্রিভুজের সাহায্যে অতি সহজে নক্সায় দেখান (অঙ্কিত করা) যাইতে পারে। এবম্বিধ দ্রব্যের নক্সা শিক্ষা করিবার নিমিত্ত নিম্নে দ্বাদশ চিত্রে ক্ষেত্র-পুস্তকের এক পৃষ্ঠা দেওয়া হইল। ছাত্রেরা উহার নক্সা করিবে। ইহা সর্ব্বদাই মনে

১১ চিত্র।

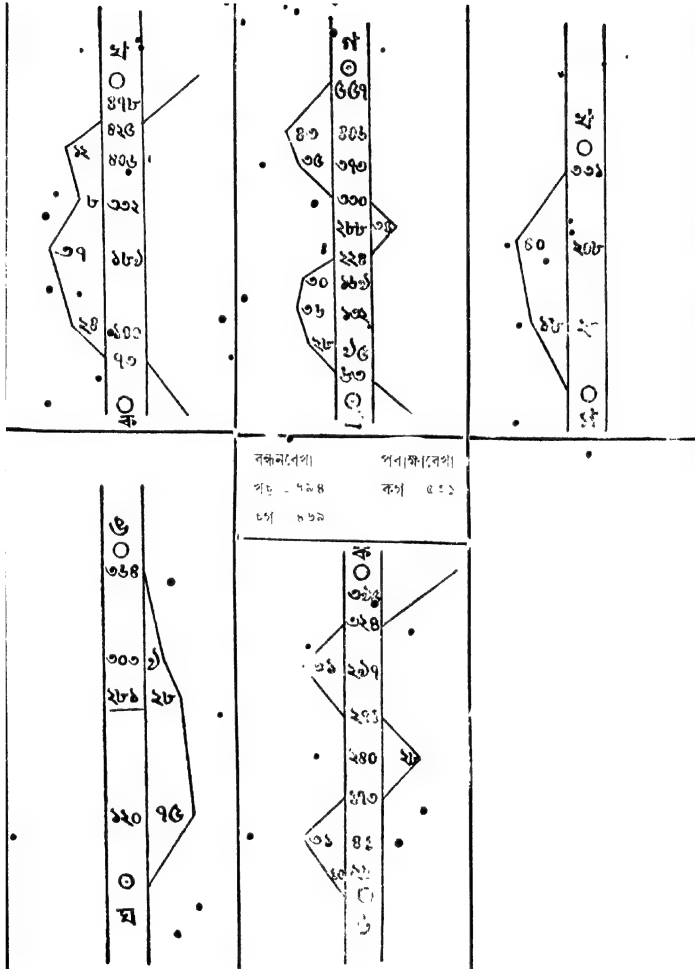
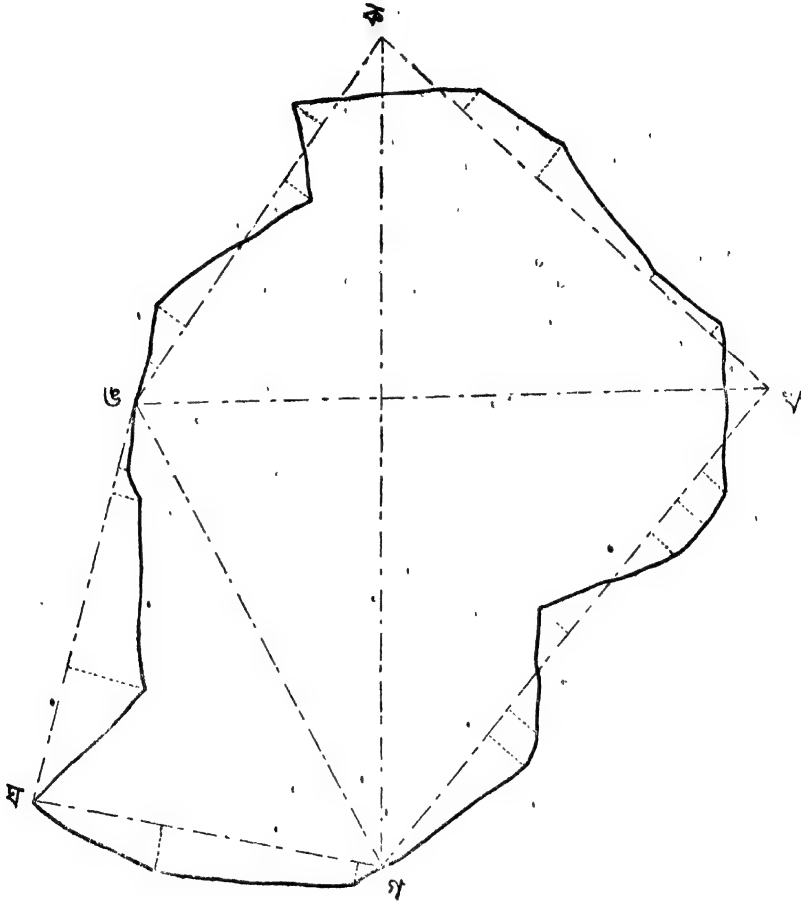
রাখিতে হইবে, প্রায় সমবাহু ত্রিভুজ * হইতেই সূক্ষ্ম ফল পাওয়া যায়। ত্রিভুজের কোন কোণ ৩০° অথবা ১২০° ডিগ্রির ন্যূন হইলে ঠিক ফল পাওয়া যায় না।

১২ চিত্র।

* এই ত্রিভুজকে ইংরাজীতে "well-conditioned" triangle বলে, অন্যথা যে ত্রিভুজ হইবে তাহাকে "ill-conditioned" triangle বলে।

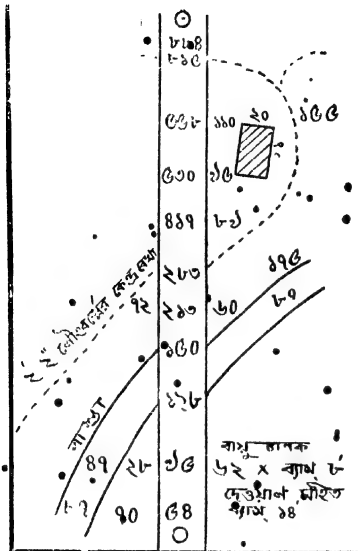
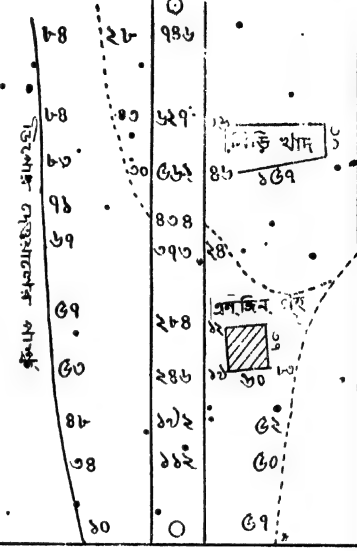
ত্রিভুজের সাহায্য লওয়ার একটী অন্য প্রকার উদাহরণ দেওয়া যাইতেছে। একটী গৃহের দেওয়াল শিকলের রেখার সহিত সূক্ষ্ম (acute) অথবা স্থূল (obtuse) কোণে আছে। গৃহের নির্ভুল নক্সা করিতে হইবে। ত্রয়োদশ চিত্রে শিকলের

১৩ চিত্র।

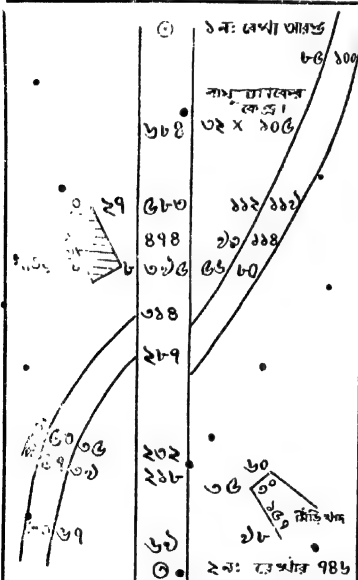
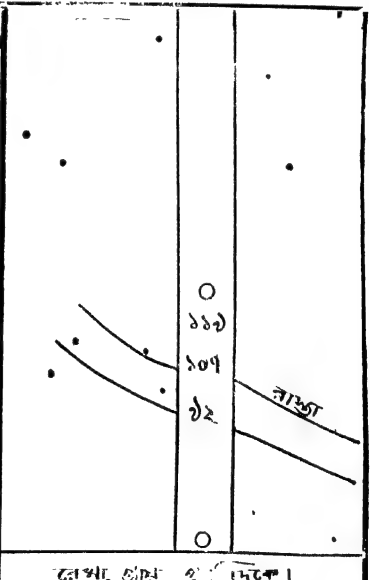
রেখার এমন স্থান হইতে অসমকোণে শাখাদূরত্ব (oblique offset) মাপা হইয়াছে যে, লম্বেতর রেখা (oblique lines) দেওয়ালের সহিত এক ঋজু রেখায় মিলিয়াছে।

ইহা হইতে বেশ বুঝিতে পারা যায়, খনির ভিতরে অধিকাংশ স্থলে কেবল শিকল দ্বারা জরিপ করা সম্ভব নহে; কেন না কাঁথি (pillar) অথবা উপপ্রাচীর (packings) থাকাতে অসমকোণে শাখাদূরত্ব এবং ত্রিভুজ করিয়া মাপ লওয়া যায় না। কোন স্থানে ভিতরের অবস্থাগুলি বিস্তৃতভাবে নক্সায় দেখাইতে হইলে (for filling in details) খনির ডায়াল (miner's dial) নামক যন্ত্রযোগে শিকল দ্বারা জরিপ সময়ে সময়ে ব্যবহৃত হয়; এই প্রসঙ্গ পরবর্ত্তী অধ্যায়ে আলোচিত হইবে। প্রত্যেক নূতন রেখা, উহা যতই ক্ষুদ্র হউক না কেন, তাহার জন্য ক্ষেত্র-পুস্তকের নূতন পৃষ্ঠা আরম্ভ করিবে। কারণ ইহাতে পুস্তক পরিষ্কার থাকে, অপিচ লেখা ঘনসন্নিবিষ্ট হয় না, তা' ছাড়া অসাবধানতাও নিবারিত হয়। চতুর্দ্দশ চিত্রে শিকল

১৪ চিত্র —উহাতে পঞ্চদশ চিত্রে যে ক্ষেত্র অঙ্কিত হইয়াছে তাহার জরিপের ক্ষেত্র-পুস্তক হইতে ৫ পৃষ্ঠা দেখান হইল।

দ্বারা জরিপের (chain survey) ক্ষেত্র-পুস্তক হইতে পর পর কয়েক পৃ
এবং পঞ্চদশ চিত্রে উহার নক্সা প্রদর্শিত হইয়াছে। একটি ক্ষুদ্র কয়লাখনির

১৫ চিত্র—একটা ক্ষেত্রের শিকল দ্বারা জরিপ।

মান ১০০′ ১″।

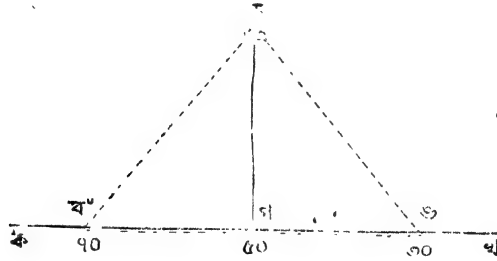
উপরিস্থ এবম্বিধ জরিপের বিস্তারিত উদাহরণ ষোড়শ চিত্রে এবং উহার নক্সা সপ্তদশ চিত্রে দেখান হইল।

১৬ চিত্র—একটা কয়লাখনিতে উপরিস্থ কোন অংশে শিকল দ্বারা জরিপের ক্ষেত্র-পুস্তক হইতে ৭-পৃষ্ঠা। সপ্তদশ চিত্র দেখ।

১। চিত্র—একটা কয়লাখনির উপরিস্থ ভূমির কোন অংশ শিকল দ্বারা জরিপ।
মান ১৫০' = ১"।

প্রথম অধ্যায়ের সম্পাদ্য।

প্রথম সম্পাদ্য।

শিকলের সাহায্যে সমকোণ করণ।

কখ শিকলের রেখা।

গ বিন্দুতে ঐ রেখার সমকোণে একটী রেখা পাত করিতে হইবে।

১৮ চিত্র।

কখতে শিকল এরূপে রাখ যেন ৫০ লিঙ্কের পদক গ এ থাকে।

৩০ এবং ৭০ লিঙ্কের পদকদ্বয়কে শিকলের রেখায় সূয়ার সাহায্যে ঘ এবং ঙ বিন্দুতে আবদ্ধ কর।

ঐ সূয়াদ্বয়কে কেন্দ্র করিয়া শিকলের প্রান্ত দুইটী যতক্ষণ না চ বিন্দুতে মিলিত হয়, ততক্ষণ ঘুরাইবে। এরূপ করিবার সময় শিকলের শেষ অংশদ্বয়কে সর্ব্বদা প্রসারিত রাখিবে।

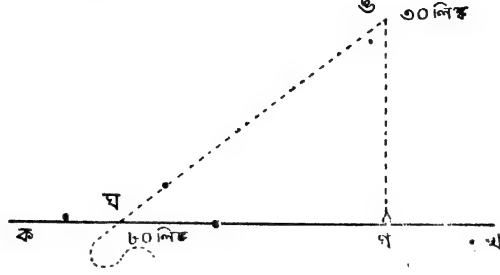
এখন গচ রেখা কখ এর সহিত সমকোণ করিবে। কারণ চঘগ এবং চঙগ ত্রিভুজদ্বয়ের বাহুগুলি পরস্পর সমান; এবং সমান বাহুর বিপরীত কোণও সমান হইবে। অতএব চগঘ কোণ চগঙ কোণের সমান। ফলে, ইহারা প্রত্যেকে সমকোণ।

উপায়ান্তর।

পূর্ব্বমত মনে কর, কখ শিকলের রেখায় গ বিন্দুতে সমকোণে রেখা পাত করিতে হইবে।

রেখায় ঘগ মাপ কর। উহা যেন ৪০ লিঙ্ক লম্বা হয়।

শিকলের এক প্রান্ত গ এ এবং ৮০ লিঙ্কের পদকটী ঘ এ স্থাপিত কর।

উনবিংশ চিত্রে প্রদর্শিতমত শিকল প্রসারিত কর, যেন ৩০ লিঙ্কের পদকটি ঘগঙ ত্রিভুজের চূড়া হয়।

১৯ চিত্র।

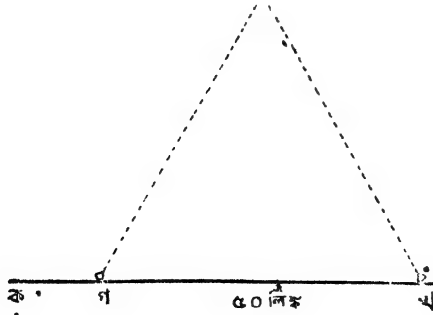
এখন গঙ কখ এর সহিত সমকোণে হইবে।
কারণ

ঘগ = ৪০
গঙ = ৩০
ঘঙ = ৫০

এবং ৪০² + ৩০² = ৫০²
অতএব ঘগঙ সমকোণী ত্রিভুজ, এবং উহার গ কোণ সমকোণ।

দ্বিতীয় সম্পাদ্য।

শিকলের সাহায্যে ৬০° কোণ করিতে হইবে।

মনে কর, খ বিন্দুতে কখ রেখার সহিত একটী ৬০° কোণ করিতে হইবে।

২০ চিত্র।

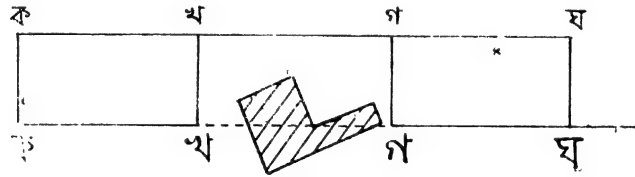
খক রেখায় খগ ৫০ লিঙ্কের সমান করিয়া মাপ কর। শিকলের হাতলদ্বয় খ এবং গ বিন্দুতে রাখ, এবং উহাকে এভাবে ত্রিভুজাকারে প্রসারিত কর, যেন ৫০ লিঙ্কের পদক ত্রিভুজের চূড়া হয়।

তবে গখঘ সমবাহু ত্রিভুজ হইবে। কারণ প্রত্যেক বাহু ৫০ লিঙ্ক। অতএব প্রত্যেক কোণ ৬০°।

সুতরাং কখঘ কোণ ৬০°।

তৃতীয় সম্পাদ্য।

একটী গৃহ শিকলের রেখায় পড়িয়াছে। উহাকে অতিক্রম করিয়া রেখা চালাইতে হইবে।

মধ্যে মধ্যে এমন বাধা উপস্থিত হয় যন্নিমিত্ত রেখা মাপা কিম্বা ঝাণ্ডি শ্রেণীবদ্ধ করা যায় না। এক্ষেত্রে মূল রেখার সমান্তরালে অন্য একটী রেখার সাহায্য লইতে হইবে। এই উপায় আয়তের (rectangle) বিপরীত বাহুর সমতা এবং সমান্তরালতার উপর নির্ভর করে। ইহা একবিংশতিতম চিত্রের উদাহরণ হইতে বুঝা যাইবে।

২১ চিত্র।

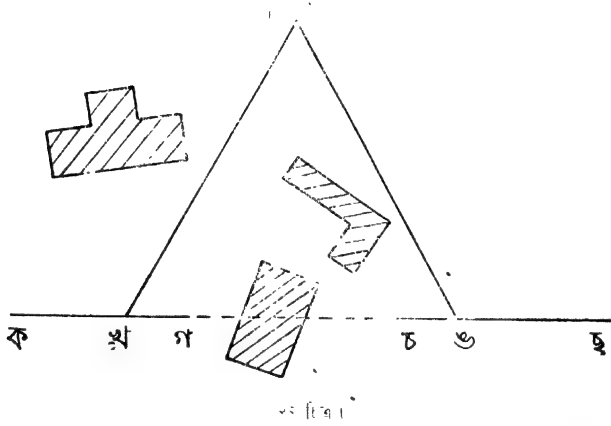
কখ শিকলের রেখা একটী গৃহের নিকট পর্য্যন্ত পৌঁছিয়াছে। রেখায় যথাস্থানে ক এবং খ বিন্দুদ্বয় লও। খকক ও কখখ সমকোণ কর। কক এবং খখ পরস্পর সমান করিয়া মাপ কর। কক অপেক্ষা কখ অনেক বড় হইবে, এবং কখ কে বর্দ্ধিত করিলে রেখা যেন গৃহের বাহিরে থাকে। পরিষ্কার বুঝা যায়, কখ কখ এর সমান এবং সমান্তরাল।

এখন কখ কে গ পর্য্যন্ত বর্দ্ধিত কর, যেন গগ এর সহিত গগ লম্বপাত করিলে গগ গৃহের বাহিরে থাকে। গঘ আবশ্যকমত দীর্ঘ করিয়া মাপ কর, এবং উহার সহিত গগ ও ঘঘ লম্বরেখা টান।

গগ এবং ঘঘ কে কক এর সমান কর। অতএব স্পষ্ট প্রতীয়মান হইতেছে, কখ বর্দ্ধিত করিলে উহা গঘ এর সহিত এক রেখায় হইবে।

আরও খগ খগ এর সমান বলিয়া খ পর্য্যন্ত রেখার দৈর্ঘ্যের সহিত খগ এর দৈর্ঘ্য যোগ করিয়া পূর্ব্ববৎ শিকল দ্বারা মাপ করা চলিতে পারে।

উপায়ান্তর।

জমির উপরিভাগের অবস্থানুসারে অথবা বাধাবশতঃ সময়ে সময়ে সমান্তরাল রেখার উপায়টী আয়াসসাধ্য হইয়া পড়ে। তখন হয়ত সমবাহু ত্রিভুজের পদ্ধতি কাজে লাগিতে পারে। উহা এইরূপ (দ্বাবিংশতিতম চিত্র দেখ):—

২২ চিত্র।

মনে কর, কখ একটী শিকলের রেখা। উহাকে গ পর্য্যন্ত বর্দ্ধিত কর ৬০° সমান করিয়া গখঘ কোণ কর।

খঘ প্রয়োজনমত দীর্ঘ কর, এবং ঘ বিন্দুতে খঘঙ কোণ কর। উহা ৬০° সমান হইবে।

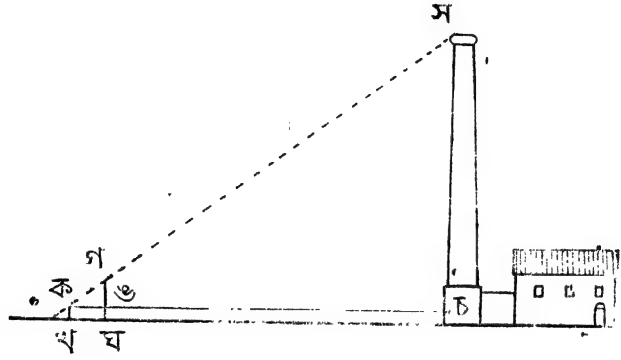
খঘ এর সমান করিয়া ঘঙ মাপ কর।

তবে খঘঙ সমবাহু ত্রিভুজ হইবে। অতএব খগ বর্দ্ধিত করিলে নিশ্চয় ঙ বিন্দু দিয়া গমন করিবে। ঙ তে ৬০° সমান করিয়া ঘঙচ কোণ করিলে চ নিশ্চয়ই খগঙ রেখায় থাকিবে। সুতরাং ঙচ বর্দ্ধিত করিলে কখ এর সহিত এক রেখায় হইবে।

আরও খঙ খঘ এর সমান বলিয়া উহার দৈর্ঘ্য জানা আছে।

অতএব খ পর্য্যন্ত যে মাপ পাওয়া গিয়াছে তাহাতে খঘ এর পরিমাণ যোগ করিয়া ঙছ দিকে পূর্ব্ববৎ শিকল দ্বারা মাপিলে অভীষ্ট সিদ্ধ হইবে।

চতুর্থ সম্পাদ্য।

কোণ না মাপিয়া চৌরস ভূমিতে একটী স্তম্ভ অথবা চিম্‌নির উচ্চতা নির্ণয় করিতে হইবে।

২৩ চিত্র।

মনে কর, স স্তম্ভ অথবা চিম্‌নির চূড়া। জমি যদি চৌরস হয়, তবে কোণ না মাপিয়া চিম্‌নির উচ্চতা পরিমিত হইতে পারে। এই মাপ একবারে নির্ভুল হইবে না।

যথাক্রমে ৩ ফুট এবং ৯ ফুট লম্বা দুইটী কখ এবং গঘ খুঁটা লও।

উহাদিগকে স্তম্ভের সহিত এক রেখায় জমিতে অবলম্বসূত্রে প্রোথিত কর, এবং দুই চার বার সরাইয়া পরীক্ষা করিয়া উহাদিগকে এত দূরে রাখ যে, চক্ষুর সাহায্যে দেখিলে কগ রেখা বর্দ্ধিত হইয়া স্তম্ভের চূড়াকে কর্ত্তন করে।

ক এর মধ্য দিয়া কঙচ রেখা ক্ষিতিজভাবে টান। উহা স ভেদ করিয়া অবলম্বসূত্রে (plumb line) যে রেখা হইবে তাহার সহিত চ বিন্দুতে মিলিবে। চ বিন্দুর স্থান অনুমান করিতে হইবে, বিশেষতঃ চিম্‌নিতে—কেন না উহার পার্শ্ব ঢালু এবং মস্তকে কার্ণিস আছে।

কঙ এবং কচ রেখা সাবধানে মাপ।

সদৃশ ত্রিভুজ হইতে

$$\frac{গঙ}{কঙ} = \frac{সচ}{কচ}। \quad অতএব\ সচ = \frac{কচ \times গঙ}{কঙ}$$

এখন চূড়ার উচ্চতা যদি $\underline{শ}$ হয়, এবং সমস্ত মাপ ফুটে লওয়া হয়, তবে

$$\underline{শ} - ৩ = \frac{৬\ কচ}{কঙ};\ (কারণ\ সচ = \underline{শ} - ৩;\ এবং\ গঙ = ৬)$$

ইহা হইতে স্তম্ভের উচ্চতা পাওয়া যাইবে।

দৃষ্টান্তস্থলে—যদি মনে করা যায় যে, কঙ এবং কচ যথাক্রমে $৭\frac{১}{২}$ এবং ১১০ ফুট।

$$\text{তবে } \underline{\text{শ}} - ৩ = \frac{৬ \times ১১০}{৭\frac{১}{২}} \text{ ফুট}$$

$$\underline{\text{শ}} = ৩ + \frac{৬৬০ \times ২}{১৫} \text{ ফুট}$$

$$= ৩ + ৮৮ \text{ ফুট}$$

$$= ৯১ \text{ ফুট।}$$

পঞ্চম সম্পাদ্য।

এক বিন্দু দেখা যাইতেছে কিন্তু উহা অনধিগম্য। উহার দূরত্ব মাপ করিতে হইবে।

২৪ চিত্র।

বলা বাহুল্য, শেষোক্ত সম্পাদ্যের ন্যায় ইহাতেও চৌরস ভূমি কল্পনা করিতে হইবে। অন্যথা কোণ মাপক যন্ত্র আবশ্যক।

চতুর্বিংশতিতম চিত্রে ব অগম্য বিন্দু। এমন জায়গায় ক ও খ বিন্দুদ্বয় লও যে, **বকখ সমকোণ** হয়, এবং কখ রেখার দৈর্ঘ্য দুই শিকল হয়।

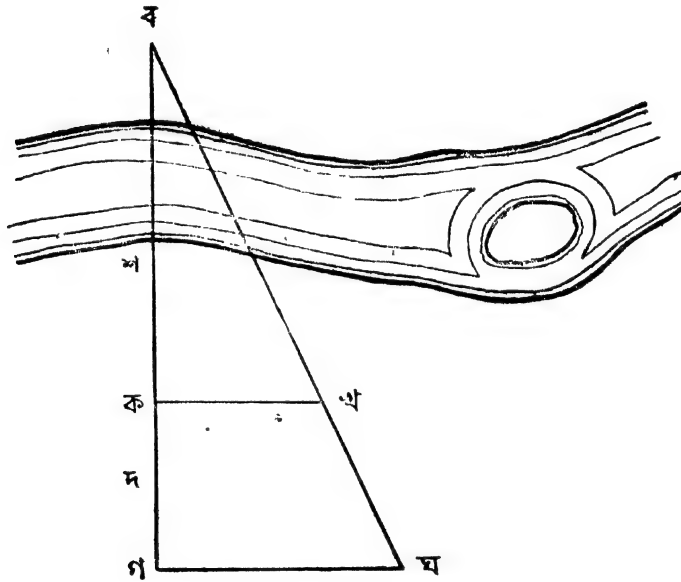
কখ কে গ বিন্দুতে দুইটী সমভাগে বিভক্ত কর। চিত্র প্রদর্শিতমত গখঘ সমকোণ কর। গঘ রেখাতে ঘ বিন্দু লও, যেন বগঘ এক ঋজু রেখায় হয়।

এখন বকগ এবং ঘখগ ত্রিভুজদ্বয়ে গ স্থিত কোণ দুইটী পরস্পর সমান ; ক ও খ স্থিত কোণদ্বয় প্রত্যেকে সমকোণ ; এবং কগ রেখা গখ এর সমান।

অতএব ত্রিভুজদ্বয় সর্ব্ববিষয়ে (in all respects) সমান ; সুতরাং কব = খঘ।

কিন্তু আমরা খঘ মাপ করিতে পারি, অতএব কব জানিতে পারি।

উপায়ান্তর।

সুবিধামত স্থানে ক বিন্দু লও, এবং বকগ রেখাতে ঝাণ্ডি শ্রেণীবদ্ধ কর। কগ মাপ। উহাকে দ বলা যাইবে।

২৫ চিত্র।

মনে কর, কব শ এর সমান।

বকখ এবং বগঘ সমকোণ কর। খ এবং ঘ এরূপ স্থানে লও যে, বখঘ এক ঋজু রেখায় হয়।

কখ এবং গঘ মাপ।

সদৃশ ত্রিভুজ হইতে,

$$\frac{\underline{\text{শ}}}{\text{কখ}} = \frac{\underline{\text{শ}} + \underline{\text{দ}}}{\text{গঘ}}$$

$$\therefore\ \underline{\text{শ}} \times \text{গঘ} = (\underline{\text{শ}} + \underline{\text{দ}}) \times \text{কখ}$$

$$\therefore\ \underline{\text{শ}}\,(\text{গঘ} - \text{কখ}) = \underline{\text{দ}} \times \text{কখ}$$

$$\therefore\ \underline{\text{শ}} = \frac{\underline{\text{দ}} \times \text{কখ}}{\text{গঘ} - \text{কখ}}$$

উদাহরণতঃ—মনে কর, মাপিয়া নিম্নলিখিত দৈর্ঘ্য পাওয়া গিয়াছেঃ—

কগ = ১০০ ফুট

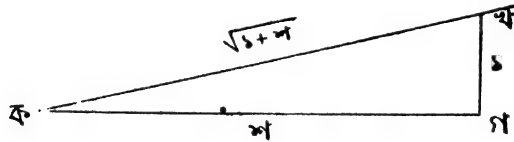
কখ = ১১০ ফুট

গঘ = ১৫০ ফুট

$$\text{তবে } \underline{\text{শ}} = \frac{১০০ \times ১১০}{১৫০ - ১১০} \text{ ফুট} = \frac{১১০০}{৪} \text{ ফুট}$$

$$= ২৭৫ \text{ ফুট।}$$

ষষ্ঠ সম্পাদ্য।

প্রবণ ভূমিতে ঢাল ধরিয়া মাপ লইতে হইলে শিকল প্রতি কত বাদ দিতে হইবে নিরূপণ কর।

২৬ চিত্র।

ধর যে, ঢাল $\underline{\text{শ}}$ এ ১, এবং ষড়বিংশতিতম চিত্রে কখ একটী প্রবণ ভূমি।

$$\text{তবে খগ} = ১,\ \ \text{কগ} = \underline{\text{শ}}$$

$$\therefore\ \text{কখ} = \sqrt{১ + \underline{\text{শ}}^{২}}$$

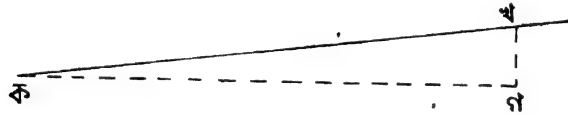
$$\therefore\ \text{প্রতি } \sqrt{১ + \underline{\text{শ}}^{২}} \text{ মাপে } \sqrt{১ + \underline{\text{শ}}^{২}} - \underline{\text{শ}} \text{ বাদ দিতে হইবে।}$$

$$\therefore\ \text{প্রতি ১০০ লিঙ্কে } \frac{১০০\left(\sqrt{১ + \underline{\text{শ}}^{২}} - \underline{\text{শ}}\right)}{\sqrt{১ + \underline{\text{শ}}^{২}}} \text{ বাদ দিতে হইবে।}$$

দৃষ্টান্তস্থলে—৪ এ ১ ঢালে শিকল প্রতি কত বিয়োগ করিতে হইবে স্থির করা।

$$\text{বাদ} = \frac{১০০ (\sqrt{১৭} - ৪)}{\sqrt{১৭}} \text{ ফুট}$$
$$= \frac{১০০ \times ·১২৩}{৪·১২৩} \text{ ফুট}$$
$$= \frac{১২·৩}{৪·১২৩} \text{ ফুট}$$
$$= ২·৯৮ \text{ ফুট।}$$

সপ্তম সম্পাদ্য।

জনৈক জরিপকারী দুই বিন্দুর মধ্যবর্ত্তী দূরত্বমাপ করিতে ইচ্ছা করেন। ক্ষিতিজতলে মাপ লইলে বিন্দুদ্বয় ৬৭৫ ফুট অন্তরে আছে। তিনি অনবধানতা বশতঃ ঢালে মাপিয়াছেন। ভূমির প্রবণতা ৯ এ ১। মাপে তাঁহার কত ভুল হইবে?

২৭ চিত্র।

সপ্তাবিংশতিতম চিত্রে ক এবং খ দুইটী বিন্দু, এবং কগ ক্ষিতিজতলের সহিত সমান্তরালে ও খগ অবলম্বসূত্রে টানা হইয়াছে ; তবে কগ ৬৭৫ ফুট, এবং খগ ৭৫ ফুট। কারণ কখ এর প্রবণতা ৯ এ ১।

কখগ সমকোণী ত্রিভুজ বলিয়া

$$\text{কখ}^২ = \text{কগ}^২ + \text{খগ}^২$$
$$= ৪৫৫৬২৫ \text{ ফুট} + ৫৬২৫ \text{ ফুট}$$
$$= ৪৬১২৫০ \text{ ফুট}$$

অতএব কখ = ৬৭৯·১ ফুট।

সুতরাং জরিপকারীর ৪ ফুট ভুল হইয়াছে।

উপায়ান্তর।

১০ পৃষ্ঠায় তালিকাতে আমরা দেখিতে পাই, ৮'১ এ ১ ঢালে শিকল প্রতি ০'৭৪ ফুট এবং ৯৫ এ ১ ঢালে শিকল প্রতি ০'৫৫ ফুট বাদ দিতে হইবে। মোটামুটি ৯ এ ১ ঢালে আমরা শিকল প্রতি ০'৬১ ফুট বাদ দিতে হইবে মানিয়া লইতে পারি।

অতএব ৬৭৯ ফুটে

৬৭৯ × '৬১ ফুট বাদ দিতে হইবে,

অথবা ৪'১ ফুট ভুল হইবে।

প্রথম অধ্যায়ের প্রশ্নমালা।

১ শিকল দ্বারা কিরূপে ভূপৃষ্ঠে এবং খনির ভিতরে দূরত্ব মাপ করিতে হইবে বর্ণনা কর।

২। একটী রেখার ঢাল ধরিয়া মাপ ৪৯৭ ফুট। উহার ক্ষিতিজতলে তুল্যমান নিরূপণ কর, যখন প্রবণতা (ক) ৩ এ ১, এবং (খ) ২৫°।

উত্তর :— (ক) ৪৮২·৬, (খ) ৪৫০·৩।

৩। একটী রেখার ঢাল ধরিয়া মাপ ৫৪২ ফুট। ঢাল ১৪°। পরে দেখা হইয়াছিল, শিকল ১০১·২ ফুট লম্বা। ঠিক মাপের ক্ষিতিজতলে তুল্যমান নিরূপণ কর।

উত্তর :— ৫৩২ ফুট।

৪। দুইটী বিন্দু দেখা যাইতেছে, কিন্তু উহারা অগম্য। উহাদের ব্যবধান নির্ণয় করিবার উপায় বিবৃত কর।

৫। কখগ ত্রিভুজের বাহু নিচয়ের মাপ, কখ ১৯৭, খগ ২০৫, এবং গক ৩১৫ ফুট। খগ রেখাতে ঘ বিন্দু লইলে খঘ=১০০ ফুট, এবং ঘগ=১০৫ ফুট। কঘ রেখার পরিমাণ কত ?

উত্তর :— ২৪০ ফুট।

৬। খ হইতে গ বিন্দুতে কিম্বা গ হইতে খ তে যাওয়া যায় না। ক বিন্দু হইতে কখ রেখা ৭৬৫ ফুট, এবং খকগ কোণ ৬৯° মাপ করা হইয়াছে। আরও খগক কোণ সমকোণ। খগ এর দৈর্ঘ্য কত ?

উত্তর :— ৭১৪·২ ফুট।

৭। ১০০ গজ অন্তরে দুইটী ক ও খ চানক (shaft) খনন করা হইয়াছে। ক ৪৫০ ফুট এবং খ ৫৪০ ফুট গভীর। ভূপৃষ্ঠে খ অপেক্ষা ক ২০ ফুট উচ্চে আছে। খ এর তলদেশ হইতে ক এর দিকে ৩ এ ১ ঢালে একটী চড়াই রন্ধ্র (rise drift) চালান হইয়াছে। রন্ধ্রটী কি ক কে ভেদ করিবে ? অন্যথা উহা কত লক্ষ্যভ্রষ্ট হইবে ?

উত্তর :— না। রন্ধ্রের উচ্চতা বাদে উহা ১০ ফুট লক্ষ্যভ্রষ্ট হইবে।

৮। একটী স্তরের ঢাল ১০ এ ১। উপরের দিকে যাইতে যাইতে উহা একটী অধঃক্ষিপ্ত স্থানচ্যুতিতে (downthrow fault) পৌঁছিয়াছে। চ্যুতির ক্ষেপ (throw) ২৫ ফুট। পরে একটী নত রন্ধ্র (dip drift) চালান হইয়াছে ; উহার প্রবণতা ৮ এ ১। পুনরায় স্তরে পৌঁছান পর্য্যন্ত রন্ধ্র কত লম্বা হইবে ?

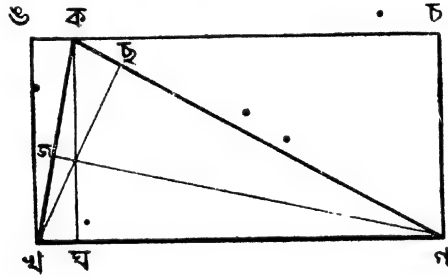
উত্তর :—১১২ ফুট।

দ্বিতীয় অধ্যায়।

ক্ষেত্রপরিমাণ (measurement of areas)।

জরিপকার্য্যে নিপুণতালাভাকাঙ্ক্ষী ছাত্রমাত্রেরই জ্যামিতির সাধারণ জ্ঞান থাকা অত্যাবশ্যক। পরিমিতি (mensuration) ও ব্যবহারিক জ্যামিতি (practical geometry) সামান্য জানা থাকিলে সহজে কার্য্যে পারদর্শী হওয়া যায়। আরও ক্ষেত্রপরিমাণ, ঘনফল (volume) তল (surface) এবং দূরত্ব বিষয়ের প্রতিপাদ্য (problems) ও উপপাদ্য সমূহ (theorems) শিক্ষা করিলে ছাত্রগণের সুবিধা হয়। জরিপের পুস্তকে জ্যামিতি ও পরিমিতি সম্পূর্ণ শিক্ষা দেওয়া অপ্রাসঙ্গিক কিন্তু ব্যবহারিক জ্যামিতির অবশ্যজ্ঞাতব্য তত্ত্বগুলি অবগত হওয়া যুক্তিযুক্ত।

ত্রিভুজের সাহায্য।

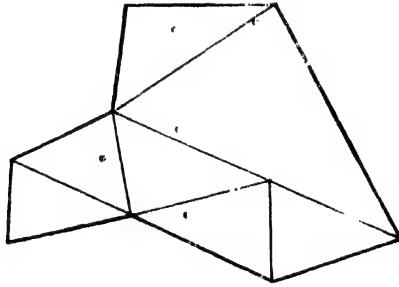
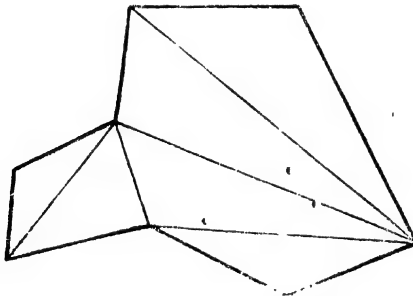
যেমন শিকল দ্বারা জরিপ এবং মানদণ্ডের সাহায্য নক্সা করিতে ত্রিভুজের সাহায্য লওয়া হয়, তেমনই ক্ষেত্র মাপ কার্য্যেও উহার সাহায্য লওয়ার আবশ্যক হয়। ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল অথবা কালি (area) উহার ভূমি ও উন্নতি (height) দ্বারা যে আয়ত হয় তাহার কালির অর্দ্ধেক। যথা, অষ্টাবিংশতিতম চিত্রে, কখগ ত্রিভুজের ক্ষেত্র-

২৮ চিত্র।

ফল খঙচগ আয়তের ক্ষেত্রফলের অর্দ্ধেক। অতএব ক্ষেত্রফল $= \frac{1}{2}$ খগ × কঘ। যে কোন বাহুকে ভূমি ধরা যাইতে পারে, তথাপি ক্ষেত্রফল বিভিন্ন হইবে না, এবং কখগ ত্রিভুজের কালি, যদি আবশ্যক হয়, তবে সুবিধামত $\frac{1}{2}$ কগ × খছ কিম্বা $\frac{1}{2}$ কখ × গজ লেখা যাইতে পারে। অতএব ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল নির্ণয় করিতে হইলে কেবল দুইটী মাপের আবশ্যক, একটী বাহু, অন্যটী অভিমুখীন কোণ হইতে ঐ বাহুর উপর লম্বরেখা।

যদি কোনও ত্রিভুজের বাহুত্রয়ের পরিমাণ জানা থাকে, তবে উহাকে কাগজে অঙ্কিত করিয়া একটী কোণ হইতে সম্মুখীন বাহুর উপর লম্বপাত করিবে। ঐ

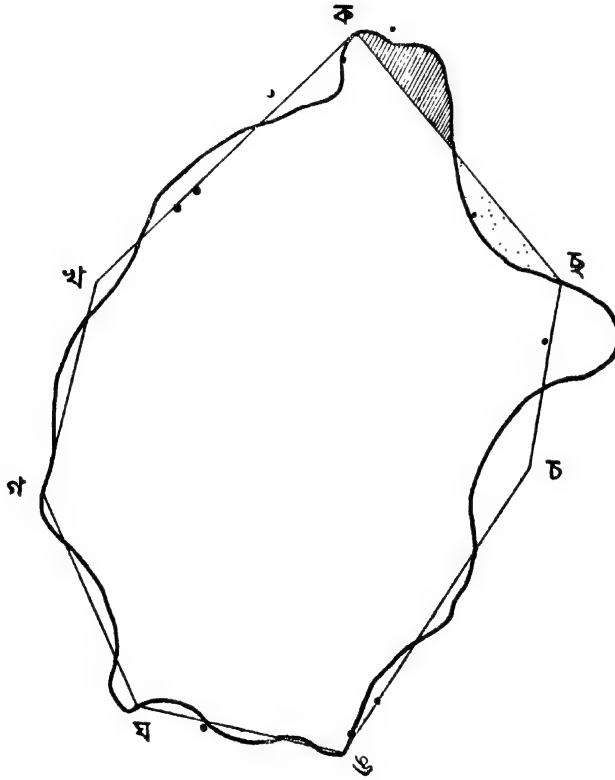
লম্বরেখা মাপ করিয়া, ক্ষেত্রফল $= \frac{1}{2}$ ভূমি × উন্নতি এই সূত্রানুসারে ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল নির্ণীত হইবে। ক্ষেত্রফল $= \sqrt{স(স-ক)(স-খ)(স-গ)}$, এই সূত্রের সাহায্যেও একেবারে ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল বাহির করা যায়। এখানে ক, খ, গ, বাহুর দৈর্ঘ্য, এবং $স = \frac{ক+খ+গ}{2}$। লগারিথিম্ (logarithm) পুস্তক নিকটে থাকিলে লগ (log) সূত্রমতে আরও শীঘ্র ক্ষেত্রফল গণনা করা যায়। লগ সূত্রটী এই :—

লগ ক্ষেত্রফল (log area) $= \frac{1}{2}$ {লগ স + লগ (স-ক) + লগ (স-খ) + লগ (স-গ)}।

বহুভুজের যতগুলি ভুজই থাকুক না কেন, উক্ত সূত্র দ্বারা সহজই ক্ষেত্রফল নিরূপিত হইবে। কারণ বহুভুজকে কতকগুলি ত্রিভুজে বিভক্ত করিয়া প্রত্যেকের ক্ষেত্রফল গণনা পূর্ব্বক সমষ্টি করিলেই নির্ণেয় ক্ষেত্রফল পাওয়া যাইবে। বিভাগ করা ক্ষেত্রেও (in the field) হইতে পারে ; কিন্তু বহুভুজটী কাগজে মানানুসারে নক্সা করিয়া উহাকে উপযুক্ত ত্রিভুজ সমুদয়ে পরিণত করা আরও সুবিধা জনক। ২৯ ম ক ও খ চিত্রে ঐরূপ একটী ক্ষেত্রকে মানানুসারে নক্সা করিয়া দুইটী পৃথক উপায়ে ত্রিভুজে বিভক্ত করা হইয়াছে। ত্রিভুজগুলি সর্ব্বদা প্রায় সমবাহু (well-conditioned) হইলেই সূক্ষ্ম ফল পাওয়া যাইবে। সুতরাং তুলনায় ক চিত্রের উপায়টী শ্রেষ্ঠতর।

২৯ ক চিত্র—বহুভুজ ত্রিভুজে বিভক্ত হইয়াছে।

২৯ খ চিত্র—বহুভুজ ত্রিভুজে বিভক্ত হইয়াছে।

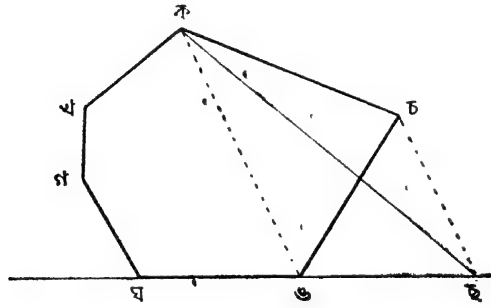
ক্ষেত্র সর্ব্বদা সরল রেখা দ্বারা সীমাবদ্ধ থাকে না। সাধারণতঃ উহারা বক্ররেখা পরিবেষ্টিত ; সেইহেতু উহাদের ক্ষেত্রফল নির্ণয় পদ্ধতিও জটিল হইয়া পড়ে। এবম্বিধ বিকল (irregular) ক্ষেত্রে মূল বক্র সীমারেখার পরিবর্ত্তে

তুল্য (equivalent) সরল রেখা টানিলে ক্ষেত্রটীকে অক্লেশে ত্রিভুজে বিভক্ত করা যাইতে পারে। এই কাজ মানানুসারে অঙ্কিত নক্সায় অফিসে করা উচিত. ক্ষেত্রে করা প্রায় অসম্ভব। ৩০ম চিত্রে ঈদৃশ বিকল ক্ষেত্রের নক্সা দেওয়া হইল; উহাতে মূল বক্র সীমারেখার পরিবর্ত্তে তুল্য সরল রেখা টানা হইয়াছে। আরও দেখা যায়, প্রত্যেক সরল রেখাগুলির উভয় পার্শ্বে. উহাদের

৩০ চিত্র।

এবং বক্র সীমারেখার মধ্যে, সমফল (equal in area) ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ক্ষেত্র আবদ্ধ রহিয়াছে। যথা, কছ সরল রেখার পূর্ব্বোত্তরে মলিন (shaded) অংশ দক্ষিণ-পশ্চিমে বিন্দুচিহ্নিত (dotted) অংশের সমান। অর্থাৎ কছ বক্র রেখার পরিবর্ত্তে যদি কছ সরল রেখাকে প্রকৃত সীমা বলিয়া ধরা হয় তাহা হইলে ক্ষেত্রফলে প্রভেদ ঘটিবে না। ক্ষুদ্র ক্ষেত্রগুলির কালির সমতা কেবল চক্ষুর

সাহায্যে অনুমিত হয়, অতএব ব্যক্তিগত ভুল হইতে পারে; কিন্তু অভ্যাসসহ ভুল কম হইবে। অপিচ, ভুল কখন অনুকূলে কখনও প্রতিকূলে হইবে। সুতরাং উহা উপেক্ষা করা যাইতে পারে। অতএব ঙচ এবং কছ সরল রেখাদ্বয় এ প্রকারে টানা হইয়াছে যে, উহাদের ও বক্র সীমারেখা দ্বারা যে চারিটী ক্ষুদ্র ক্ষেত্র আবৃদ্ধ হইয়াছে তাহাদের মধ্যে দুই দুইটীর ক্ষেত্রফল পরস্পর সমান ও বিপরীত (equal and opposite)। এইভাবে অগ্রসর হইলে ক্ষেত্রটীকে সহজে সমফল বহুভুজে পরিণত করা যাইবে, এবং পূর্ব্ববর্ণিত উপায়ে ত্রিভুজে বিভক্ত করিয়া উহার ক্ষেত্রফলও নির্ণীত হইবে। ছাত্রদিগের বিকল ক্ষেত্র লইয়া উহার সমফল বহুভুজ অঙ্কিত করিতে সুযোগমত চেষ্টা করা উচিত। এরূপ করিলে যে সকল ক্ষেত্রের ফল বাহির করা প্রথমে অসম্ভব মনে হইবে, ছাত্রেরা তাহাদিগকে সামান্য কৌশল করিয়া অপেক্ষাকৃত সরল ক্ষেত্রে পরিবর্ত্তিত করিতে পারিবে; এবং ক্ষেত্রফলেও অতি অল্প ভুল হইবে।

তুল্য (equivalent) ত্রিভুজ।

একটী বহুভুজ কিম্বা পূর্ব্বোক্ত উপায়ে বহুভুজে পরিণত একটী ক্ষেত্র দেওয়া থাকিলে উহাকে অপেক্ষাকৃত সহজাকৃতি ক্ষেত্রে পরিবর্ত্তিত করা যায়, এবং ক্ষেত্রফল গণনাও অনায়াসসাধ্য হয়। সুবিধা হইলে উহাকে ত্রিভুজে পরিণত করা যাইতে পারে।

৩১ চিত্র।

কখগঘঙচ (৩১ম চিত্র) একটী বহুভুজ।

ঘঙ রেখাকে ছ পর্য্যন্ত বর্দ্ধিত কর।

কঙ যোগ কর, এবং উহার সমান্তরে চছ সরল রেখা টান।

কছঙ এবং কচঙ ত্রিভুজদ্বয় একই ভূমির উপর এবং একই সমান্তর সরল রেখাদ্বয়ের মধ্যে অবস্থিত।

অতএব উহাদের ক্ষেত্রফল সমান।

সুতরাং কখগঘঙচ বহুভুজের ক্ষেত্রফল কখগঘছ বহুভুজের ক্ষেত্রফলের সমান।

অন্যথা ক্ষেত্রটী ষড়্ভুজ হইতে সমফল পঞ্চভুজে পরিবর্ত্তিত হইয়াছে।

এইরূপে ক্রমান্বয়ে পঞ্চভুজকে চতুর্ভুজে এবং চতুর্ভুজকে ত্রিভুজে পরিবর্ত্তিত করা যাইতে পারে।

অভ্যস্ত হইলে এই কার্য্য দ্রুত করা যাইবে, তদ্দারা সময়ও অনেক কম লাগিবে।

ক্ষেত্রফলের এককাবলি।

ব্রিটেন দ্বীপপুঞ্জে একর ক্ষেত্রফল নির্দ্দেশক একক। ৬৪০ একরে এক বর্গমাইল। একর রূড (rood) ও পোলে (pole) বিভক্ত, এবং পোলও বর্গগজ ও বর্গফুটে পুনর্ব্বিভক্ত। নিম্নলিখিত তালিকায় বিভাগ করিবার প্রণালী বিশদরূপে দেখান হইল :—

বর্গমাইল	...	১				
একর	...	৬৪০	১			
রূড	...	২৫৬০	৪	১		
পোল	...	১০২৪০০	১৬০	৪০	১	
বর্গগজ	...	৩০৯৭৬০০	৪৮৪০	১২১০	৩০.২৫	১
বর্গফুট	...	২৭৮৭৮৪০০	৪৩৫৬০	১০৮৯০	২৭২.২৫	৯

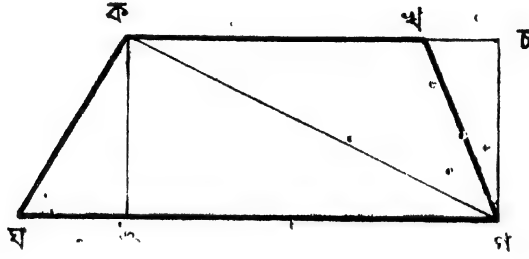
গাণ্টারের শিকল ৬৬ ফুট লম্বা। একরে ক্ষেত্রফল রাখিতে হইলে উহার ব্যবহার সুবিধাজনক। কারণ এক বর্গশিকল ঠিক ৪৮৪ বর্গগজ, এবং এক একরের এক-দশমাংশ।

ভারতবর্ষে বিঘা ক্ষেত্রফল নির্দ্দেশক একক। দুঃখের বিষয় এই এককের পরিমাণ প্রদেশানুসারে বিভিন্ন। বাঙ্গলা, বিহার এবং উড়িষ্যার কয়লাভূমিতে (coal fields) বিঘা, কাঠা ও ছটাক এককাবলি প্রচলিত। নিম্নে উহাদের তালিকা দেওয়া হইল :—

বিঘা	...	১			
কাঠা	...	২০	১		
ছটাক	...	৪০০	২০	১	
বর্গগজ	...	১৬০০	৮০	৪	১

যে চতুর্ভুজের কোনও সম্মুখীন দুই বাহু সমান্তর তাহাকে সমান্তরাদ্বিবাহু চতুর্ভুজ অথবা ইংরাজীতে ট্রাপীজিয়ম বলে। ৩১ম চিত্রে কখ এবং ঘগ সমান্তর। সুতরাং কখগঘ ট্রাপীজিয়ম।

ট্রাপীজিয়মের সাহায্য লওয়া।

৩১ চিত্র।

উহা কঘগ এবং গকখ ত্রিভুজদ্বয়ে বিভক্ত হইয়াছে। কঘগ এর ক্ষেত্রফল $= \frac{১}{২}$ ঘগ × কঙ, এবং গকখ এর ক্ষেত্রফল $= \frac{১}{২}$ কখ × গচ। অতএব ট্রাপীজিয়মের ক্ষেত্রফল

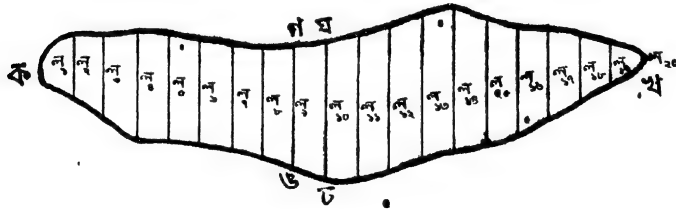
$$= \text{কঙ} \times \frac{\text{গঘ}}{২} + \text{গচ} \times \frac{\text{কখ}}{২}$$

কিন্তু কঙ = গচ। কারণ উহারা কখ এবং গঘ সমান্তর রেখার মধ্যগত লম্ব।

যদি এই লম্বের পরিমাণকে দ বলা হয়, তাহা হইলে ট্রাপীজিয়মের ক্ষেত্রফল

$$\frac{\text{কখ} + \text{ঘগ}}{২} \times \text{দ}।$$

পরিমেয় ক্ষেত্রটী যদি সঙ্কীর্ণ এবং দীর্ঘাকৃতি হয়, তবে উহাকে প্রস্থে (transversely) সমব্যবধান সমান্তরাল রেখা দ্বারা কতকগুলি খণ্ডে বিভক্ত

৩৩ চিত্র।

করাই বিধেয়। ফলে, প্রত্যেক খণ্ড প্রায় একটী ট্রাপীজিয়ম হইবে। ৩৩ম চিত্রে এবম্বিধ একটী ক্ষেত্র প্রদর্শিত হইল। ক্ষেত্রের সমগ্র দৈর্ঘ্যটী সমব্যবধান

সমান্তরাল রেখা দ্বারা অনেকগুলি খণ্ডে বিভক্ত হইয়াছে। উক্ত সাধারণ সমব্যবধান (common distance) পরিমেয় ক্ষেত্রের গঠন ও আয়তনোপযোগী হওয়া উচিত। উহা সুবিধামত ১০ লিঙ্ক. ৫০লিঙ্ক কিম্বা ১০০ লিঙ্কও হইতে পারেন চিত্রে সমব্যবধান রেখা দ্বারা ক্ষেত্রটী বহু খণ্ডে বিভক্ত; প্রত্যেক খণ্ড প্রায় ট্রাপীজিয়ম, যেমন গঘচঙ। যদি সমান্তরাল রেখা সমুদয়ের সাধারণ ব্যবধানকে দ বলা হয়. তবে ট্রাপীজিয়মের ক্ষেত্রফল

$$\text{দ} \times \frac{\text{ল}_{৯} + \text{ল}_{১০}}{১} \text{ হইবে।}$$

চিত্রে সমগ্র ক্ষেত্রটীকে ১০টী সমান্তরাল রেখা দ্বারা ১৯ টক্রায় বিভক্ত করা হইয়াছে। অতএব উহার ক্ষেত্রফল এইরূপ হইবে :—

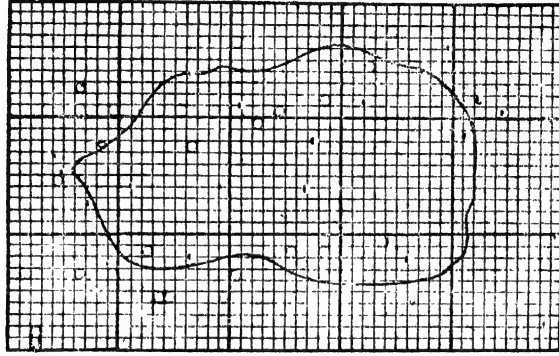
$$\frac{\text{ল}_{১} + \text{ল}_{২}}{২} \times \text{দ} + \frac{\text{ল}_{২} + \text{ল}_{৩}}{২} \times \text{দ} + \ldots\ldots \frac{\text{ল}_{১৯} + \text{ল}_{২০}}{২} \times \text{দ}$$

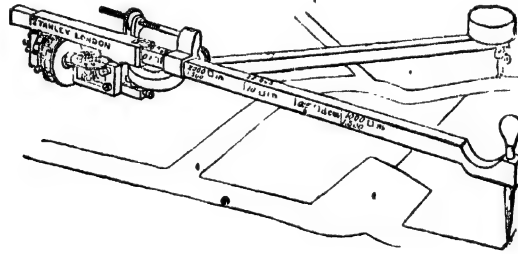
$$= \frac{\text{ল}_{১}}{২} \times \text{দ} + \text{ল}_{২} \times \text{দ} + \text{ল}_{৩} \times \text{দ} + \ldots\ldots \text{ল}_{১৯} \times \text{দ} + \text{ল}_{২০} \times \text{দ}$$

$$= \text{দ} \left\{ \frac{\text{ল}_{১}}{২} \times \text{ল}_{২} + \text{ল}_{৩} + \ldots\ldots \text{ল}_{১৯} + \frac{\text{ল}_{২০}}{২} \right\}$$

বর্গক্ষেত্রযুক্ত কাগজ (squared paper)।

বর্গক্ষেত্রযুক্ত কাগজের সাহায্যে ক্ষেত্রফল নির্ণয় পদ্ধতি সুখবোধ্য। ফলনির্ণেয় ক্ষেত্রটী কাগজে আঁক, এবং উহাতে রেখা টানিয়া এক ইঞ্চি বর্গক্ষেত্রে বিভক্ত কর। এক ইঞ্চি বর্গক্ষেত্রগুলিকে সূক্ষ্ম রেখা দ্বারা $\frac{১}{৮}$ ইঞ্চি কিম্বা $\frac{১}{১০}$ ইঞ্চি ক্ষুদ্রতর বর্গক্ষেত্রে পুনর্ব্বিভক্ত কর। এখন বর্গক্ষেত্র সমূহ গণনা করিয়া সম্পত্তির ক্ষেত্রফল নিরূপণ করা যাইবে। এই প্রণালী অবলম্বিত হইলে নকল করিবার মোম কাপড়ে বা কাগজে (tracing cloth or paper) সাবধানে রেখা টানিয়া সঠিক বর্গক্ষেত্র অঙ্কিত করিবে, এবং কাগজটী ফলনির্ণেয় ক্ষেত্রের উপর স্থাপন করিবে। যদিও এই উপায় অত্যন্ত সহজ, কিন্তু কিয়ৎপরিমাণ কষ্টদায়ক, এবং সহিষ্ণুতা থাকিলে সূক্ষ্ম ফল পাওয়া যায়। গণনা করিবার সময় যাহাতে একটীও বর্গক্ষেত্র বাদ না পড়ে, সে বিষয়ে লক্ষ্য রাখা আবশ্যক। যে বর্গক্ষেত্রের উপর দিয়া সীমারেখা একেবারেই যায় নাই সেই সম্পূর্ণ এক ইঞ্চি বর্গক্ষেত্র সমুদয় প্রথমে গণনা করিবে। তৎপরে যে বর্গক্ষেত্রগুলি সীমারেখা দ্বারা কর্ত্তিত হইয়াছে তাহাদের মধ্যস্থিত ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বর্গক্ষেত্র সমূহ গণনা করিবে। এমন কি যদি কোনও ক্ষুদ্র বর্গক্ষেত্রের শততমাংশও কর্ত্তিত হয়, তাহা হইলে উহাকে সম্পূর্ণ বর্গক্ষেত্রের সহিত গণনা করিবে না। অতএব এখন যে ক্ষুদ্র

বর্গক্ষেত্র সকলের উপর দিয়া সীমারেখা গিয়াছে কেবল সেইগুলিই অবশিষ্ট রহিল। চিত্রে দেখিতে পাওয়া যাইবে. কতকগুলি বর্গক্ষেত্রের বহুলাংশ, কতকগুলির অল্পাংশ এবং বাকীর অর্দ্ধাংশ কর্ত্তিত হইয়াছে। ৩৪ম চিত্র দেখ। অতএব সীমা-রেখা দ্বারা প্রত্যেক বর্গক্ষেত্রের গড়ে অর্দ্ধেক কর্ত্তিত হইয়াছে স্বীকার করিয়া লইলে

৩৪ চিত্র।

কালি অনেকটা সূক্ষ্ম হইবে। এখন কেবল যে বর্গক্ষেত্র সমুদয়ের উপর দিয়া সীমা-রেখা গিয়াছে সেইগুলি গণনা পূর্ব্বক দুই দিয়া ভাগ করিয়া সম্পূর্ণ বর্গক্ষেত্রের সংখ্যা পাওয়া, এবং ঐ সংখ্যা পূর্ব্বগণিত সংখ্যার সহিত সমষ্টি করা ; তাহা হইলেই সমস্ত ক্ষেত্রটীর কালি পাওয়া যাইবে।

৩৫ চিত্র—বর্গমান যন্ত্র।

বর্গমানযন্ত্র (planimeter)।

বর্গমানযন্ত্র আমস্‌লার (Amsler) উদ্ভাবন করিয়াছেন। উহাতে ক্ষেত্রফল আপনা হইতেই নিরূপিত হয়। উহার বাহুদ্বয় কব্জা দ্বারা সংযুক্ত ; একটীতে রেখা অনুসরণ করিবার একটী তীক্ষ্ণাগ্র অনুসরণ শলাকা (tracing point), এবং অন্যটীতে তীক্ষ্ণাগ্র আলম্ব (fulcrum) আছে। আলম্বের চতুর্দ্দিকে সমস্ত যন্ত্রটী

ঘুরিতে পারে। যাহাতে আলম্ব সরিয়া না যায় তজ্জন্য উহার উপর একটী ভার চাপান হয়। প্রথম বাহুটীর দৈর্ঘ্য পরিবর্ত্তনশীল। তন্নিমিত্ত যন্ত্র বিভিন্ন মানে ব্যবহারোপযোগী। মান জ্ঞাপক চিহ্ন (index mark) ও সূক্ষ্ম গতিদায়ক (fine adjusting) স্ক্রু সাহায্যে ঐ বাহুকে যে মানে আবশ্যক তাহাতে বাঁধা হয়। যন্ত্রে ভার্ণিয়ার (vernier) যুক্ত একটী চাকা আছে। উহার সম্পূর্ণ বা আংশিক আবর্ত্তন শলাকানুসৃতরেখা দ্বারা আবদ্ধ ক্ষেত্রের ফলনির্দ্দেশ করে। জ্ঞাপক চিহ্ন যে মানে বাঁধা হইয়াছে ক্ষেত্রফল তদনুযায়ী হইবে। যন্ত্রে একটী ঘটিকাপৃষ্ঠ (dial) আছে। উহা দ্বারা চাকার সম্পূর্ণ আবর্ত্তন জানা যায়।

যন্ত্র ব্যবহার করিতে হইলে যে মানানুসারে নক্সা করা হইয়াছে তদনুযায়ী জ্ঞাপক চিহ্ন বাঁধিয়া আলম্বটী ক্ষেত্রের বাহিরে যথাস্থানে রাখিবে। অনুসরণ শলাকা সীমারেখায় একস্থানে স্থাপন করিয়া যন্ত্রের পাঠ (reading) লিখিয়া লইবে, কিম্বা চাকা ও ঘটিকাপৃষ্ঠ ঘুরাইয়া পাঠ শূন্যতে (zero) রাখিবে। তৎপরে শলাকা সীমারেখায় দক্ষিণাবর্ত্তে (clockwise direction), ক্ষেত্রের চতুর্দ্দিকে ঘুরাইয়া যে স্থান হইতে উহা ঘুরিতে আরম্ভ হইয়াছিল সেই খানেই রাখিবে। পুনরায় যন্ত্রের পাঠ লইবে। প্রথম ও শেষ পাঠের বিয়োগফল হইতে সম্পত্তির ক্ষেত্রফল জানা যাইবে। ভ্রান্তি নিবারণার্থ দুইবার ক্ষেত্রফল বাহির করা যুক্তিযুক্ত।

যদি আলম্বটী ক্ষেত্রের ভিতরে থাকে, তাহা হইলে অনুসরণ শলাকা উহার চতুর্দ্দিকে সম্পূর্ণ ঘুরিবে; কিন্তু চাকায় যে পাঠ পাওয়া যাইবে তাহা হইতে একেবারে ক্ষেত্রফল পাওয়া যাইবে না। উহাতে একটী স্থির রাশি (constant quantity) যোগ করিলে তবে ঐ ফল পাওয়া যাইবে। প্রত্যেক যন্ত্রের সহিত ঐ রাশি দেওয়া থাকে।

বিবিধ উদাহরণ।

কোনও বৃত্তের ব্যাস (diameter) ১০৭ ফুট, উহার ক্ষেত্রফল নির্ণয় করিতে হইবে।

$$\text{ক্ষেত্রফল} = (১০৭)^2 \times \cdot ৭৮৫৪$$
$$= ৮৯৯২\cdot ০৪ \text{ বর্গফুট।}$$

নিম্নলিখিত উপায়ে মোটামুটি ফল পাওয়া যায়:—

$$\text{ক্ষেত্রফল} = (১০৭)^2 \times \frac{১১}{১৪}$$
$$= \frac{১২৫৯৩৯}{১৪}$$
$$= ৮৯৯৫\cdot ৬৫ \text{ বর্গফুট।}$$

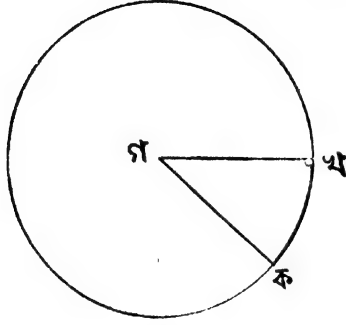
কোনও সেক্টরের (sector of a circle) ব্যাসার্দ্ধ (radius) ৫০ ফুট এবং কোণ $৩৭^\circ\frac{১}{২}$। উহার ক্ষেত্রফল নিরূপণ করিতে হইবে।

৩৬ চিত্র।

কখগ একটী সেক্টর, (৩৬ম চিত্র) উহার গ কোণ $৩৭^\circ\frac{১}{২}$, এবং ব্যাসার্দ্ধ গক=গখ=৫০ ফুট।

কখগ সেক্টরের বৃত্তটী সম্পূর্ণ অঙ্কিত করিলে বৃত্তের ক্ষেত্রফল

$= (১০০)^২ \times ·৭৮৫৪$ বর্গফুট,

$=$ ৭৮৫৪ বর্গফুট।

এখন ইহা স্পষ্ট দেখা যাইতেছে, ৩৬০° ও সেক্টরের অন্তর্গত গ কোণের পরস্পর যে অনুপাত (proportion), সমস্ত বৃত্তের ক্ষেত্রফল এবং কখগ সেক্টরের ক্ষেত্রফল এই দুইএরও পরস্পর সেই অনুপাত।

অতএব—

$$\frac{\text{সেক্টরের ক্ষেত্রফল}}{\text{বৃত্তের ক্ষেত্রফল}} = \frac{৩৭^\circ\frac{১}{২}}{৩৬০^\circ}$$

অতএব—

$$\frac{\text{সেক্টরের ক্ষেত্রফল}}{৭৮৫৪} = \frac{১৫}{১৪৪}$$

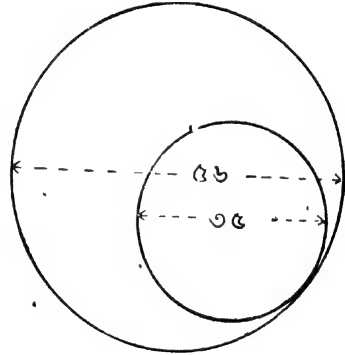
অতএব—

$$\text{সেক্টরের ক্ষেত্রফল} = \frac{৭৮৫৪ \times ১৫}{১৪৪}$$

$= ৮১৭·৮$ বর্গফুট।

৫৬

৩৫

৩৭ চিত্র।

দুইটী বৃত্ত পরস্পর অন্তরস্পর্শ (touching internally) করিয়াছে, উহাদের ব্যাস যথাক্রমে ৩৫ ফুট এবং ৫৬ ফুট। বৃত্ত দুইটী দ্বারা যে চন্দ্রাংশবৎ ক্ষেত্র গঠিত হইয়াছে তাহার কালি করিতে হইবে (৩৭ম চিত্র)।

বৃহৎ বৃত্তের ক্ষেত্রফল $= (৫৬)^২ \times \frac{১১}{১৪}$

$= ২৪৬৪$ বর্গফুট।

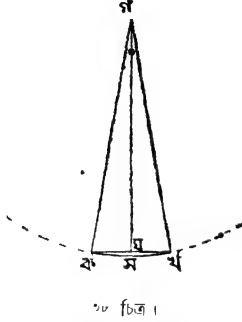
ক্ষুদ্র বৃত্তের ক্ষেত্রফল $= (৩৫)^২ \times \frac{১১}{১৪}$

$= ১০১৭·৫$ বর্গফুট।

ইহাদের বিয়োগফল চন্দ্রাংশবৎ ক্ষেত্রের কালি হইবে। অতএব নির্ণেয় ক্ষেত্রফল ১৪৪৬·৫ বর্গফুট।

কোনও বৃত্তখণ্ডের (segment of a circle) ব্যাসার্দ্ধ ৪৯ ফুট উহার কেন্দ্রস্থিত কোণ ১৮°। উহার ক্ষেত্রফল গণনা কর।

৩৮ম. চিত্রে কসখ বৃত্তখণ্ড. গ বৃত্তকেন্দ্র।

কখ এর উপর গঘ লম্বরেখা টান।

৩৮ চিত্র।

তাহা হইলে বৃত্তখণ্ডের ক্ষেত্রফল

= গকখ সেক্টরের ক্ষেত্রফল − গকখ ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল।

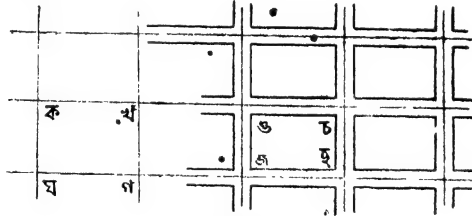
$$= \frac{(৯৮)^{২} \times \frac{২২}{২৮}}{২০} - \frac{১}{২}(৪৯)^{২} \text{ সাইন } ১৮^{\circ}$$

(sin 18°)।

$$= \frac{৩৭৭৩}{১০} - \frac{২৪০১}{২} \times ·৩১$$

$$= ৩৭৭·৩ - ৩৭২·১$$

$$= ৫·২ \text{ বর্গফুট।}$$

একটি কয়লাখনির ম্যানেজার ৮৫ ফুট দীর্ঘ ৪৮ ফুট প্রস্থ কয়লার কাঁথি রাখিয়াছেন, এবং ১২ ফুট চওড়া সুঁদ চালাইয়াছেন। তিনি শতকরা কত কয়লা নিঃশেষ করিয়াছেন।

৩৯ চিত্র।

সুঁদের কেন্দ্ররেখা (centre lines) সমূহের ব্যবধান (৩৯ম চিত্র) ৯৭ ফুট এবং ৬০ ফুট।

মনে কর, সমস্ত খনিটী সুঁদের কেন্দ্র রেখাগুলি দ্বারা সীমাবদ্ধ কাল্পনিক আয়তে বিভক্ত হইয়াছে, যথা কখগঘ আয়ত।

কয়লা নিঃশেষ করিবার পর (after workings) ঐ কাল্পনিক আয়তের কেবল ঙচছজ অংশ অবশিষ্ট থাকিবে ; এবং ঙচছজ ও কখগঘ এই উভয়ের পরস্পর যে অনুপাত, নিঃশেষের পর সমস্ত কাঁথির সমষ্টি ও নিঃশেষের পূর্ব্বে সমস্ত কয়লার পরিমাণ এই উভয়েরও পরস্পর সেই অনুপাত ;

কিন্তু কখগঘ ক্ষেত্রের কালি=৯৭ × ৬০=৫৮২০ বর্গফুট।
এবং ঙচছজ ক্ষেত্রের কালি=৮৫ × ৪৮=৪০৮০ বর্গফুট।
অতএব কাঁথিতে শতকরা

$$\frac{৪০৮০ \times ১০০}{৫৮২০} = ৭১\cdot৮$$ কয়লা অবশিষ্ট রহিয়াছে।

অতএব প্রথম নিঃশেষে (first working অর্থাৎ সুঁদ চালাইবার পর এবং কাঁথি কাটার পূর্ব্বে) শতকরা ২৮·২ কয়লা উত্তোলন করা হইয়াছে।

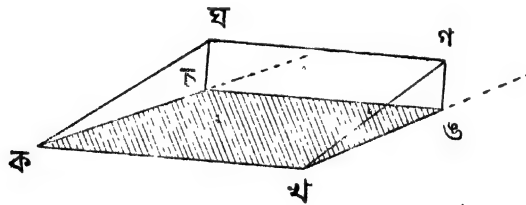
একটী ৮ ফুট ৬ ইঞ্চি মোটা ক্ষিতিজতলগত স্তরে (seam) কয়লার মোট পরিমাণ (gross amount) কত? কয়লার আপেক্ষিক গুরুত্ব (specific gravity) ১·৩৫।

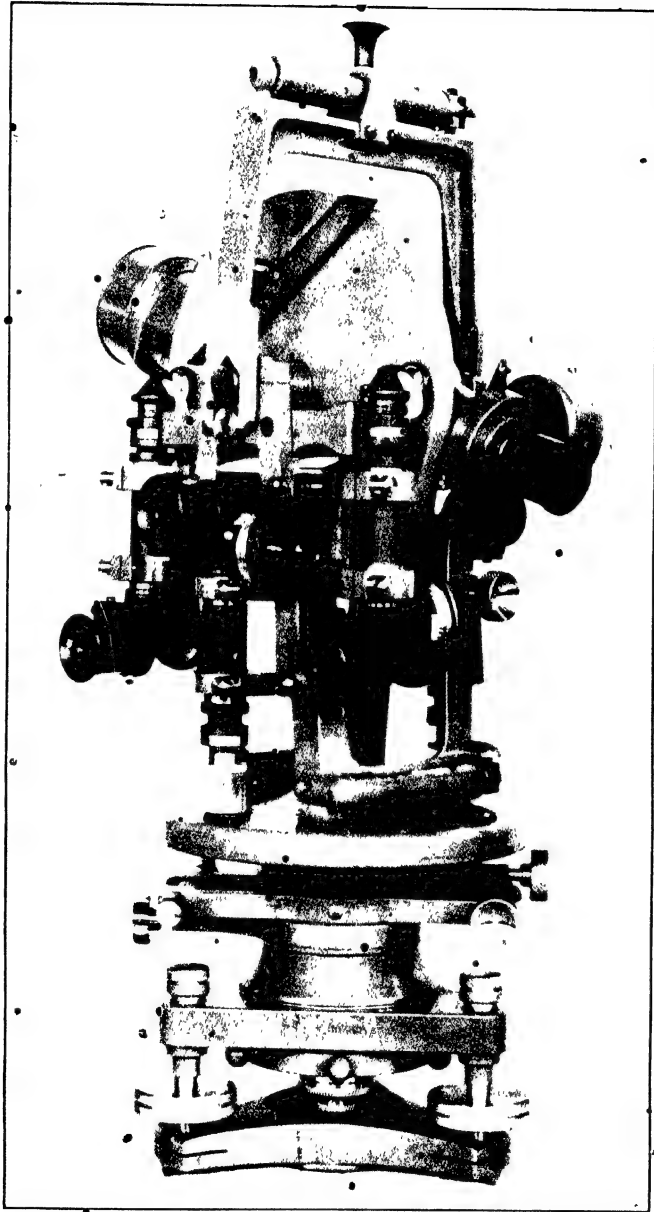
এক একর=৪৮৪০ বর্গগজ=৪৩৫৬০ বর্গফুট।
∴ এক একরে কয়লার ঘনফল=৪৩৫৬০ × ৮½
=৩৭০২৬০ ঘনফুট।
কিন্তু এক ঘনফুট জলের ওজন=৬২·৫ পাউণ্ড।
∴ এক ঘনফুট কয়লার ওজন=৬২·৫ × ১·৩৫ পাউণ্ড
=৮৪·৩৭৫ পাউণ্ড।

প্রতি একরে সমস্ত কয়লার ওজন
=৩৭০২৬০ × ৮৪·৩৭৫ পাউণ্ড.

$$= \frac{৩৭০২৬০ \times ৮৪\cdot৩৭৫}{২২৪০}$$ টন,

=১৩৯৪৬ টন।

পূর্ব্ব সম্পাদ্যে স্তরের নতি তিনে এক (1 in 3) হইলে কত উত্তর হইবে?

৪০ চিত্র।

কখগঘ একটী এক একর কয়লাস্তর। উহার নতি তিনে এক, এবং কখঙচ যদি ক্ষিতিজতলের উপর লম্বচ্ছায়া হয়, তবে কখঙচ ঠিক এক একর হইবে।
কিন্তু খগ খঙ অপেক্ষা বৃহৎ।
অতএব কখগঘ এক একর অপেক্ষা নিশ্চয়ই বৃহৎ হইবে।

পুরশ্চিত্র —ওয়াটস-উদ্ভাবিত ক্ষুদ্র কোণ মাপক ৮ ইঞ্চি থিয়োডোলাইট , ইহাতে একেবারে ২ সেকেণ্ড পর্য্যন্ত পাঠ করা যায়।

এখন ইহা কত বৃহৎ তাহাই নির্ণয় করিতে হইবে।

কখগঘ এর ক্ষেত্রফল = কখ × খগ.

কখঙচ এর ক্ষেত্রফল = কখ × খঙ.

অতএব $\frac{\text{কখগঘ এর ক্ষেত্রফল}}{\text{কখঙচ এর ক্ষেত্রফল}} = \frac{\text{খগ}}{\text{খঙ}}$।

এখন খঙগ ত্রিভুজের ঙ কোণ সমকোণ।

এবং যদি গঙকে ১ ধরা হয়, তাহা হইলে খঙ ৩ হইবে।

অতএব গখ $= \sqrt{১ + ৯} = \sqrt{১০} = ৩\text{'}১৬২$

$\therefore \frac{\text{খগ}}{\text{খঙ}} = \frac{৩\text{'}১৬১}{৩} = ১\text{'}০৫৪$।

সুতরাং নক্সার ক্ষেত্রফলকে ১'০৫৪ দিয়া গুণ করিলে প্রকৃত (true) ক্ষেত্রফল পাওয়া যাইবে। অতএব প্রতি একরে কয়লার যথার্থ ওজন ১'০৫৪ × ১৩৯৪৬ = ১৪৬৯৯ টন হইবে।

নিম্নলিখিত সূত্রের সাহায্যেও উপরোক্ত প্রশ্নের মীমাংসা করা যায়ঃ—

প্রকৃত ক্ষেত্রফল = নক্সার ক্ষেত্রফল (plan area) × সেক ক (Sec. ক)।

এখানে ক নতির কোণ।

ঘনফল নির্ণয় (calculation of volume)।

কয়লাখনির ম্যানেজারকে অধিকাংশ স্থলেই ফলকাভাস (prismoid) সদৃশ ঘন পদার্থ ব্যবহার করিতে হয়। উহাদের প্রান্তদ্বয় (ends) সমান্তরাল সমতল, এবং পার্শ্ব সাধারণতঃ ত্রিভুজ বা চতুর্ভুজ দ্বারা পরিবেষ্টিত। কয়লা-স্তূপের পরিমাণ কিম্বা পুষ্করিণীতে জলের ঘনফল নির্ণয় করা এই বিষয়ের অন্তর্গত। মস্তকশূন্য বৃত্তসূচি (frustum of a cone), মস্তকশূন্য সমকোণসূচি (frustum of a pyramid) এবং মস্তকশূন্য স্তম্ভ (frustum of a cylinder) সমুদয়ও ফলকাভাস। কিন্তু প্রায়ই ফল নির্ণেয় ঘনগুলি এত সরলাকৃতি নহে। পরন্তু উহাদের পার্শ্ব এবং পুলিন এত বিকল, যে ঘনফল প্রায় মোটামুটি হয়।

ঈদৃশ ফলকাভাসের ঘনফল বাহির করিতে হইলে নিম্নলিখিত নিয়মটী একান্ত প্রয়োজনীয়ঃ—

যদি উপরিস্থ পৃষ্ঠের (top surface) ক্ষেত্রফল ক, এবং তলস্থ পৃষ্ঠের (bottom surface) ক্ষেত্রফল খ হয়

এবং মধ্যভাগে ছেদিত পৃষ্ঠের (midsection) ক্ষেত্রফল গ হয় (উপরিস্থ এবং তলস্থ পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফলের সমষ্টির অর্দ্ধেক নহে),

আরও যদি উপরিস্থ ও তলস্থ পৃষ্ঠের মধ্যে লম্বের পরিমাণ দ হয়,

তাহা হইলে ঘনফল $= \frac{দ}{৬}$ (ক + খ + ৪গ)।

উদাহরণ ঃ—একটী কয়লাস্তূপের উপরিভাগ আয়তক্ষেত্র। উহা ১০ ফুট উচ্চ, এবং পার্শ্বের প্রবণতা ৪৫°। উপরিস্থ ক্ষেত্রের মাপ ১০০ ফুট × ৩০ ফুট। স্তূপে কত টন কয়লা আছে।

তলস্থ ভূমির মাপ নিশ্চয়ই ১২০ × ৫০ ফুট হইবে।

মধ্যভাগে ছেদিত পৃষ্ঠের মাপ ১১০ × ৪০ ফুট।

অতএব ক ক্ষেত্রফল = ৩০০০ বর্গফুট,

খ ,, = ৬০০০ ,,

গ ,, = ৪৪০০ ,,

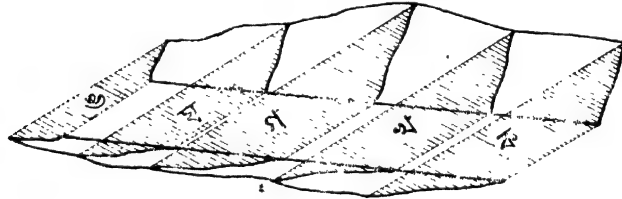
সুতরাং স্তূপের ঘনফল

$= \frac{১০}{৬} \left\{ ৩০০০ + ৬০০০ + ১৭৬০০ \right\}$ ঘনফুট,

= ৪৪৩৩৩ ঘনফুট।

যদি টন প্রতি ৪০ ঘনফুট আলগা কয়লা (loose coal) ধরা হয়, তবে ৪৪৩৩৩ ঘনফুটে ১১০৮ টন কয়লা হইবে।

উপরোক্ত নিয়মে যে ভাবে লম্বা এবং অপ্রশস্ত দ্রব্যের ঘনফল বাহির করা হইয়াছে, সেই প্রকারে কাটান এবং বাঁধের ঘনফল নিরূপণ করা যাইতে পারে।

কাটান এবং বাঁধ (cuttings and embankments)।

৪১ চিত্র।

৪১ম চিত্রে একটী কাটান দেখান হইয়াছে। উহাকে সমব্যবধান সমতল দ্বারা কতকগুলি খণ্ডে বিভক্ত করা হইয়াছে। মনে কর, সমব্যবধান দ এর সমান।

প্রদর্শিত উদাহরণে কাটানের কতকাংশের দৈর্ঘ্যকে ক, খ, গ, ঘ, ঙ এই পাঁচটী সমতল দ্বারা চারিভাগে বিভক্ত করা হইয়াছে। সমতলের সংখ্যা বর্দ্ধিত করা যাইতে পারে।

ক ও খ এর মধ্যবর্ত্তী খণ্ডের মোটামুটি ঘনফল

$$=\frac{দ}{২}(ক+খ).$$

এবং খণ্ড সমূহের ঘনফল যোগ করিলেই মোট ঘনফল পাওয়া যাইবে।
অতএব মোট ঘনফল

$$=\frac{দ}{২}(ক+খ)+\frac{দ}{২}(খ+গ)+\cdots\cdots\frac{দ}{২}(ঘ+ঙ)$$

$$=\frac{দ}{২}(ক+২খ+২গ+২ঘ+ঙ)$$

$$=দ\left(\frac{ক}{২}+খ+গ+ঘ+\frac{ঙ}{২}\right)$$

দ্বিতীয় অধ্যায়ের প্রশ্নমালা।

১। এক ম্যানেজার নিম্নলিখিত প্রণালীতে ১২ ফুট মোটা একটী কয়লার স্তর নিঃশেষ করিতেছেন :—তিনি উত্তরদক্ষিণে ৮ ফুট প্রস্থ, এবং ১০ ফুট উচ্চ সুঁদ চালাইয়াছেন। উহাদের একটীর কেন্দ্ররেখা হইতে অন্যটীর কেন্দ্ররেখা পর্য্যন্ত ১০০ ফুট। পূর্ব্বপশ্চিম সুঁদ সমূহের এক কেন্দ্ররেখা হইতে অন্য কেন্দ্ররেখার ব্যবধান ৬০ ফুট। উহাদের প্রস্থ ১২ ফুট এবং উচ্চতা ১০ ফুট। শতকরা কত কয়লা তিনি নিঃশেষ করিয়াছেন।

উত্তর :—১২ ০/০ ।

২। আটটী সবল রেখা বেষ্টিত একটী ক্ষেত্র নক্সা কর, এবং উহার সমক্ষেত্রফল ত্রিভুজ অঙ্কিত কর।

৩। একটী কয়লাস্তরের অন্ততঃ শতকরা ৬৫ ভাগ অনিঃশেষিত রাখিতে হইবে। সর্ব্বাপেক্ষা কত চওড়া সুঁদ চালাইলে ৫০ ফুট সমচতুরস্র কাঁথি রাখিতে পারা যাইবে ?

উত্তর :—১২ ফুট।

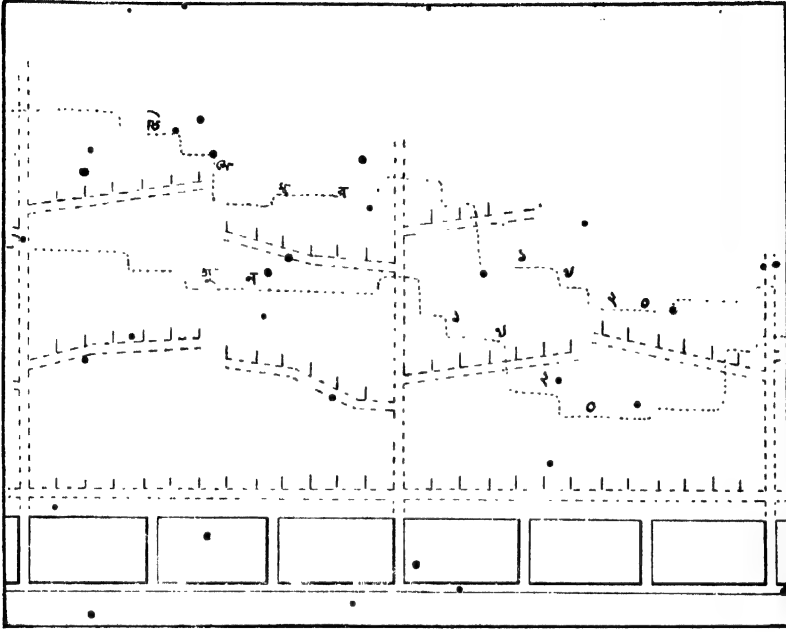
৪। কখগঘ একটী চতুর্ভুজ। উহার খঘ কর্ণ, কগ কর্ণকে ঙ বিন্দুতে কর্ত্তন করিয়াছে। দক্ষিণ-পূর্ব্ব কোণ খ হইতে আরম্ভ করিয়া প্রায় উত্তর-পশ্চিমে শিকল দ্বারা মাপ করিলে খ হইতে ঙ পর্য্যন্ত মাপ ৬৪০·৫ ফুট, অতঃপর আরও অগ্রসর হইলে ঘ পর্য্যন্ত মাপ ৩৬৩·৫ ফুট। দক্ষিণ দিকে গমন করিলে ঘক এর মাপ ৪১৪·৫ ফুট। কগ উত্তর-পূর্ব্বে ঙ কে অতিক্রম করে। কঙ এর মাপ ৩০৩·৫ এবং ঙগ ৫৪৭ ফুট। গঘ ৭৪৩ ফুট, খগ ৭৪৭·৫ ফুট ও কখ ৭৭২ ফুট। সমস্ত মাপ ক্ষিতিজতলে লওয়া হইয়াছে। চতুর্ভুজটী অঙ্কিত কর, জরিপ করিতে কত ভুল হইয়াছে নিরূপণ কর, এবং ভুল সংশোধন কর। চতুর্ভুজের ক্ষেত্রফল নির্ণয় কর। [সিটি এবং গিল্ড্স (City and Guilds)]।

উত্তর :—৯·৪৭ একর

৫। নিম্নে একটী ক্ষেত্রের শিকল দ্বারা জরিপ প্রদত্ত হইল। ক্ষেত্রটী অঙ্কিত না করিয়াই ফল গণনা কর। এস্থলে ১০০ ফুট শিকল ব্যবহার করা হইয়াছে।

উত্তর —১২৩০৮২৪ বর্গফুট কিম্বা ২৮ একর ১,রূড ০·৯ পোল।

৬। একটী কয়লাখনির কতকাংশের নক্সা দেওয়া হইল। কয়লাস্তর ৩ ফুট ৯ ইঞ্চি মোটা, এবং রাজকর (royalty) প্রতিটন ।০ আনা, তাহা হইলে ম্যানেজারকে ১৯২০ সালের জুন হইতে ডিসেম্বর মাসের শেষ পর্য্যন্ত ৬ মাসে কত রাজকর প্রদান করিতে হইবে ?

৭। একটী কয়লার স্তর ১৫ ফুট মোটা, উহার নতি প্াঁচে এক। কোন ম্যানেজার ঐরূপ স্তরবিশিষ্ট ১৪৫০ বিঘা জমির কয়লা নিঃশেষ করিতেছেন। তিনি মনে করেন স্থানচ্যুতি এবং চানকের কাথি (shaft pillars) ইত্যাদিতে যে ক্ষতি হইবে তাহার

৪২ চিত্র। মান ১০ ফুট = ১ ইঞ্চি

জন্য শতকরা মোট ১৭ ভাগ কয়লা কম নিঃশেষিত হইবে। তাহার অনুমানে ক্ষতিবাদে কত টন কয়লা নিঃশেষিত হইবে। কয়লার আপেক্ষিক গুরুত্ব ১·৫।

৮। একটী চানক ৩০০ ফুট গভীর হইবে। উহার ব্যাস ১৮ ফুট। চানক হইতে উত্তোলিত দ্রব্য দ্বারা মস্তকশূন্য সমকোণসূচি সদৃশ ১২ ফুট উচ্চ একটী স্তূপ করিতে হইবে। ঐ স্তূপের জন্য কত পরিমাণ জমি আবশ্যক?

উত্তর :—১৭০ বর্গফুট।

৯। ৩২০ বিঘা ৭ কাঠায় কত একর, রূড এবং পোল হইবে।

উত্তর :—১০৫ একর, ৩ রূড এবং ২৪·১ পোল।

তৃতীয় অধ্যায়।

কোণপরিমাণ (measurement of angles)।

ইউক্লিডের সংজ্ঞা—"কোন বিভিন্ন মুখীন দুই সরল রেখা সংলগ্ন হইলে তাহাদের পরস্পরের অবনতিকে কোণ বলে"।

কোণের এই সংজ্ঞা (definition) জরিপকারীর পক্ষে যথেষ্ট নহে। কারণ উহা দ্বারা প্রত্যাবর্ত্তী (reflex) কোণ কিম্বা ঋণাত্মক (negative) কোণের ধারণা করা যায় না। আরও, কোণ পুস্তকে সন্নিবিষ্ট করিতে কিম্বা কাগজে অঙ্কিত করিতে একটী ভূমিরেখার বিশেষ আবশ্যক; ঐ সংজ্ঞা তাহাও সূচিত করে না। একটী সরু যষ্টির এক প্রান্ত বিবর্ত্তন কীলকের (pivot) উপর আছে। যষ্টি কীলকের চতুর্দ্দিকে আবর্ত্তন করিয়া কোণ অঙ্কিত করে। এবম্বিধ যষ্টির বিষয় কল্পনা করিলেই জরিপ শিক্ষার্থী কোণের সম্বন্ধে জ্ঞান লাভ করিতে পারিবে। যষ্টি একটী নির্দ্দিষ্ট স্থান (ভূমিরেখা base line) হইতে ঘুরিতে আরম্ভ করিয়া একবার ঘুরিয়া ঐ স্থানেই থামিবে। সুতরাং উহার প্রত্যেক বিন্দু এক একটী সম্পূর্ণ বৃত্ত অঙ্কিত করিবে। যষ্টির অন্য প্রান্তবিন্দু সহজেই অনুমেয়। ঐ প্রান্তবিন্দু দ্বারা অঙ্কিত বৃত্তটী বৃহত্তম। ঐ বিন্দু ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র রেখা পর পর অঙ্কিত করিয়া বৃত্তটী উৎপন্ন করে। ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র রেখাগুলি বৃত্তের চাপ বা ধনুঃ (arc)। অঙ্কিত ধনুঃ সমূহ উহাদের কেন্দ্রস্থিত কোণের সহিত পরস্পর ঠিক সমানুপাতী, এবং এই ধনুঃ সমুদয়ের চিন্তা করিলেই ছাত্রেরা সহজেই কোণ মাপের পদ্ধতি সুন্দররূপে বুঝিতে পারিবে। ইহা মনে রাখিতে হইবে, প্রায় সমস্ত যন্ত্রই "দক্ষিণাবর্ত্ত" (right handed), অর্থাৎ উহার কোণ অঙ্কনকারী ভ্রমণশীল কল্পিত যষ্টি ডানদিকে ঘুরে; আর কতকগুলি যন্ত্র "বামাবর্ত্ত" (left handed); অতএব অপরিচিত যন্ত্র ব্যবহার করিবার সময় জরিপকারীর সতর্ক থাকা উচিত। আবার কোন কোন যন্ত্রে এইরূপে দাগ কাটা (calibrated) আছে যে, উভয় দিকেই কোণ পরিমিত হয়।

একাবলি।

উপরোক্ত উদাহরণে কল্পিত যষ্টির সম্পূর্ণ আবর্ত্তন হইলে, অর্থাৎ উহা শূন্য স্থান (zero position) হইতে আরম্ভ করিয়া চতুর্দ্দিকে একবার সম্পূর্ণ ঘুরিলে, যে কোণ অঙ্কিত করিবে তাহার সাহায্য লইলেই একক সহজেই নির্ব্বাচন করা যাইতে পারে; কিম্বা একই কথা সমকোণকেও একক বলিয়া গ্রহণ করা যাইতে পারে। কারণ উহা সম্পূর্ণ ঘূর্ণনের এক-চতুর্থাংশ। এই মূলতত্ত্ব ব্রিটেনের এককাবলির ভিত্তি। উহা নিম্নে প্রদত্ত হইল:—

এক সম্পূর্ণ আবর্ত্তন	= ৪ সমকোণ	এক ডিগ্রি	= ৬০′ (মিনিট)
এক সমকোণ	= ৯০° (ডিগ্রি)	এক মিনিট	= ৬০″ (সেকেণ্ড)।

য়ুরোপে প্রচলিত (continental) এককাবলি, ব্রিটেনের এককাবলি হইতে ভিন্ন। উহা দশমিক নিয়মের উপর প্রতিষ্ঠিত; কিন্তু ব্রিটেনের এককাবলির মত সমকোণ হইতে উৎপন্ন। যথা :—

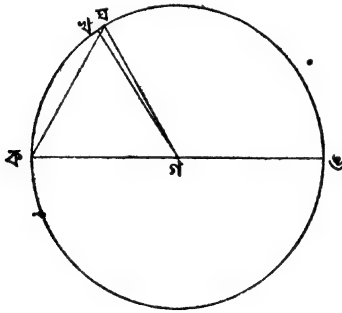
এক সম্পূর্ণ আবর্ত্তন = ৪ সমকোণ
এক সমকোণ = ১০০^{g} (গ্রেড grade)
এক গ্রেড = ১০০$'$ (মিনিট)
এক মিনিট = ১০০$''$ (সেকেণ্ড)

ইহাতে দেখা যায়, এক সমকোণে ৯০ ডিগ্রি এবং ১০০ গ্রেড। অতএব ৯ ডিগ্রি = ১০ গ্রেড। সুতরাং তুল্য ডিগ্রি পাইতে হইলে গ্রেডকে $\frac{৯}{১০}$ দিয়া গুণ করিতে হইবে। সাদৃশ্যতঃ যদি কোণ ডিগ্রিতে দেওয়া থাকে, উহাকে গ্রেডে পরিবর্ত্তিত করিতে হইলে $\frac{১০}{৯}$ দিয়া গুণ করিতে হইবে।

পুনঃ ৫৪০০$'$ = এক সমকোণ = ১০০০০$'$,
এবং ৩২৪০০০$''$ = এক সমকোণ = ১০০০০০০$''$।

একটী কোণে যত ব্রিটেনের মিনিট আছে তাহাকে য়ুরোপে প্রচলিত মিনিটে কিম্বা য়ুরোপে প্রচলিত মিনিটকে ব্রিটেনের মিনিটে পরিবর্ত্তিত করিতে, এবং সেকেণ্ড সম্বন্ধীয় ঐরূপ প্রশ্নের মীমাংসা করিতে, ছাত্রেরা আবশ্যকীয় উৎপাদক (factor) অনায়াসে নির্ণয় করিতে পারিবে।

চাপীয় মান (circular measure)।

কোণ পরিমাণ করিবার আর একটী উপায় আছে, তাহাকে চাপীয় মান বলে। উহা সম্পূর্ণ বৃত্ত বা সমকোণের উপর প্রতিষ্ঠিত নহে। ব্যাসার্দ্ধের সমান ধনুঃ বৃত্তকেন্দ্রে যে কোণ জাত করে তাহাই উহার একক। যথা, ৪৩ম চিত্রে, যদি গ বৃত্তকেন্দ্র হয়, এবং কখ ধনুঃ ব্যাসার্দ্ধের সমান হয়, তাহা হইলে কগখ কোণ চাপীয় মানের একক। পরিধিতে একটী ঘ বিন্দু লইলে যদি ঘকগ সমবাহু ত্রিভুজ হয়, তাহা হইলে স্পষ্ট প্রতীয়মান হইবে, ঘ খকে অতিক্রম করিয়া অল্প দূরেই রহিয়াছে। অতএব দেখা যাইতেছে, কগখ কোণ ৬০° অপেক্ষা কিছু ছোট। চাপীয় মানের একককে সমত্রিজ্যাকোণ (radian) বলে। উহা পুনর্ব্বিভক্ত হয় না।

৪৩ চিত্র।

পূর্ব্বমত গঘ কে যদি যষ্টি ধরা হয়, এবং মনে করা হয়, উহা শূন্যস্থান গক হইতে ঘুরিতেছে, তবে যখন যষ্টির প্রান্ত ঙ বিন্দুতে পৌছিবে, তখন উহা

২ সমকোণ অথবা ১৮০° অঙ্কিত করিবে। কঘঙ অর্দ্ধ পরিধি কখ ধনুঃ দ্বারা যতবার বিভাজ্য কঘঙ কোণ (২ সমকোণ) তত সমত্রিজ্যাকোণ হইবে।

কিন্তু কখ ধনুঃ=গক ব্যাসার্দ্ধ, এবং আমরা জানি,

অর্দ্ধ পরিধি = π ব্যাসার্দ্ধ।

$\therefore$ দুই সমকোণ = π সমত্রিজ্যাকোণ

= ৩·১৪১৬ সমত্রিজ্যাকোণ

কিম্বা $\frac{২২}{৭}$ সমত্রিজ্যাকোণ।

(π এর উভয় মানই স্থূল)।

সমকোণ = ১৮০° = ২০০^{গ} = π সমত্রিজ্যাকোণ।

এই সমীকরণ (equation) হইতে আমরা সমত্রিজ্যাকোণকে ডিগ্রিতে কিম্বা গ্রেডে এবং ডিগ্রি বা গ্রেডকে সমত্রিজ্যাকোণে পরিবর্ত্তিত করিতে পারি।

যথা, ক সমত্রিজ্যাকোণকে ডিগ্রিতে আনিতে হইবে।

আমরা জানি π সমত্রিজ্যাকোণ = ১৮০°

$\therefore$ ১ সমত্রিজ্যাকোণ = $\frac{১৮০°}{\pi}$

$\therefore$ ক সমত্রিজ্যাকোণ = $\frac{১৮০}{\pi}$ × ক ডিগ্রি।

কিম্বা ক ডিগ্রিকে সমত্রিজ্যাকোণে রাখিতে হইবে।

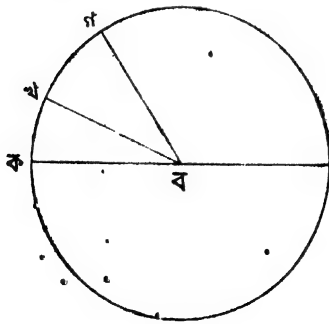
আমরা জানি ১৮০° = π সমত্রিজ্যাকোণ

$\therefore$ ১° = $\frac{\pi}{১৮০}$ সমত্রিজ্যাকোণ

$\therefore$ ক° = $\frac{\pi}{১৮০}$ × ক সমত্রিজ্যাকোণ।

π কে যদি ৩·১৪১৬ ধরা হয়, তবে এক সমত্রিজ্যাকোণ = ৫৭° ১৭′ ৪৪″।

জরিপ কার্য্যের জন্য সমত্রিজ্যাকোণ = ৫৭$\frac{১}{৩}$° লইলেই যথেষ্ট হইবে।

কেন্দ্রস্থিত কোণ জানা থাকিলে সমত্রিজ্যাকোণ দ্বারা ধনুর দৈর্ঘ্য নির্ণয় করা যাইতে পারে।

৪৪ চিত্র।

মনে কর, কেন্দ্রস্থিত কোণ কবখ এর পরিমাণ = থ, এবং ব্যাসার্দ্ধ =র জানা আছে। ৪৪ম চিত্র দেখ।

র এর সমান করিয়া একটী কগ ধনুঃ মাপ।

অতএব কবগ কোণ = এক সমত্রিজ্যাকোণ।

তাহা হইলে

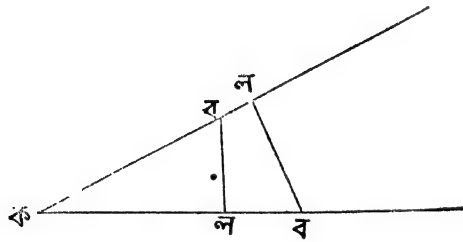
$$\frac{\text{কখ ধনুঃ}}{\text{কগ ধনুঃ}} = \frac{\text{কবখ কোণ}}{\text{কবগ কোণ}}$$

এইরূপে যদি থ ডিগ্রিতে দেওয়া থাকে, তবে স্থূলতঃ

$$\frac{\text{কখ ধনুঃ}}{\text{র}} = \frac{\text{থ}}{৫৭^{\circ}\frac{১}{৩}}$$

অর্থাৎ কখ ধনুঃ $= \text{র} \times \frac{\text{থ}}{৫৭^{\circ}\frac{১}{৩}}$ ।

ত্রিকোণমিতিক অনুপাত সমূহ (trigonometrical ratios)

ত্রিকোণমিতিক অনুপাতগুলি, যথা, কোণের সাইন্ (sine), কোসাইন্ (cosine) ও টেন্‌জেন্ট্ (tangent), এবং উহাদের ব্যুৎক্রম সকল (reciprocals), যেমন কোসিকেন্ট (cosecant), সিকেন্ট্ (secant) ও কোটেন্‌জেন্ট্ (cotangent) জরিপকারীর বিশেষ আবশ্যক। কারণ উহাদের সাহায্যে রৈখিক পরিমাণ নির্ণীত হয়; এবং নক্সা করিয়া যে সমস্ত মাপ পাওয়া যায়, সেগুলিও পরীক্ষিত হয়। উহাদের সাহায্যে দুর্গম দ্রব্যের উচ্চতা এবং দূরত্ব স্থিরীকৃত হয়। অঙ্কশাস্ত্র সম্বন্ধীয় তালিকা পুস্তকে, (mathematical tables) ০° হইতে ৯০° পর্যান্ত প্রত্যেক ডিগ্রি ও মিনিটের ত্রিকোণমিতিক অনুপাত দেওয়া থাকে। উহা ব্যবহার করিলে অল্প সময়ে অনেক কাজ হয়, এবং সূক্ষ্ম ফল পাওয়া যায়।

৪৫ চিত্র।

৪৫ম চিত্রে, ক একটী কোণ। উহার ত্রিকোণমিতিক অনুপাত সমূহের ব্যাখ্যা এইরূপঃ—

কোণের যে কোন বাহুতে ব বিন্দু লও, এবং উহা হইতে অন্য বাহুর উপর বল লম্বপাত কর।

অতএব বল কে "লম্ব"
এবং কব কে "কর্ণ"
এবং কল কে "ভূমি" বলা হইলে,

সাইন্ ক (ক এর সাইন্) $= \frac{\text{লম্ব}}{\text{কর্ণ}} = \frac{\text{ব ল}}{\text{ক ব}}$

কস্ ক (ক এর কোসাইন্) $= \frac{\text{ভূমি}}{\text{কর্ণ}} = \frac{\text{ক ল}}{\text{ক ব}}$

টেন্ ক (ক এর টেন্‌জেন্ট্) $= \frac{\text{লম্ব}}{\text{ভূমি}} = \frac{\text{ব ল}}{\text{ক ল}}$

কোসেক্ ক (ক এর কোসিকেন্ট্) $= \frac{\text{কর্ণ}}{\text{লম্ব}} = \frac{\text{ক ব}}{\text{ব ল}}$

সেক্ ক (ক এর কোসাইন্) $= \frac{\text{কর্ণ}}{\text{ভূমি}} = \frac{\text{ক ব}}{\text{ক ল}}$

কট্ ক (ক এর কোটেন্‌জেন্ট্) $= \frac{\text{ভূমি}}{\text{লম্ব}} = \frac{\text{ক ল}}{\text{ব ল}}$।

কব যতই বড় হউক, কিম্বা ব বিন্দু যে কোন বাহুতে লওয়া যাউক না কেন, তাহাতে কিছু আসে যায় না। ক কোণের যতক্ষণ না পরিবর্ত্তন হয়, ততক্ষণ উঁহার ত্রিকোণমিতিক অনুপাত সমূহ অপরিবর্ত্তিত থাকিবে।

ছাত্রদিগের মনে রাখা উচিত, যেহেতু সমকোণী ত্রিভুজের কর্ণ সমস্ত বাহু অপেক্ষা বড়, অতএব সমস্ত কোণের সাইন্ ও কোসাইন্ এক অপেক্ষা অধিক নহে। কোসিকেন্ট্ ও সিকেন্ট্ উহাদের ব্যুৎক্রম বলিয়া কোণের কোসিকেন্ট ও সিকেন্ট্ এক অপেক্ষা ন্যূন নহে। সামান্য চিন্তা করিলেই বুঝিতে পারা যায়, যেমন ক কোণ ০° হইতে ৪৫° পর্য্যন্ত বর্দ্ধিত হইবে, ঐ কোণের টেন্‌জেন্ট্ ০ হইতে ১ পর্য্যন্ত বাড়িবে। কোণ ৪৫° হইতে ৯০° পর্য্যন্ত বর্দ্ধিত হইলে, ঐ কোণের টেন্‌জেন্ট্ ১ হইতে অনন্ত (infinity) পর্য্যন্ত বর্দ্ধিত হইবে। কোটেন্‌জেন্ট্ টেন্‌জেন্টের ব্যুৎক্রম। অতএব যেমন কোণ ০° হইতে ৪৫° পর্য্যন্ত বাড়িবে ঐ কোণের কোটেন্‌জেন্ট্ অনন্ত হইতে ১ পর্য্যন্ত কমিবে, এবং যেমন কোণ ৪৫° হইতে ৯০° পর্য্যন্ত বাড়িবে উহা ১ হইতে ০ পর্য্যন্ত কমিবে।

আর একটী বিষয় ছাত্রের স্মরণ রাখিতে হইবে। সমকোণী ত্রিভুজের সূক্ষ্মকোণ দুইটীর সমষ্টি এক সমকোণ।

অতএব সাইন্ ক = কোসাইন্ (৯০° − ক)

এবং কোসাইন্ ক = সাইন্ (৯০° − ক)।

সুতরাং তালিকায় ০° হইতে ৯০° পর্য্যন্ত থাকিলেই যথেষ্ট হইবে। উহার সাহায্যে যে কোন কোণের সাইন্ বা কোসাইন্ নির্ণয় করা যাইতে পারে, কারণ একটী কোণের সাইন্ বা কোসাইন্ যথাক্রমে অনুপূরক (complement) কোণের কোসাইন্ এবং সাইনের সমান।

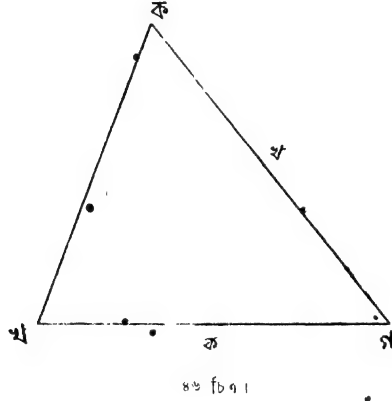
নিম্নলিখিত সূত্র দ্বারা টেন্ ক নিরূপিত হইবে :—

$$\text{টেন্ ক} = \frac{\text{সাইন্ ক}}{\text{কস্ ক}} = \frac{\text{সাইন্ ক}}{\text{সাইন্ (৯০° − ক)}}$$

কিন্তু অঙ্কশাস্ত্র সম্বন্ধীয় তালিকায় কোণের সাইন্, কোসাইন্ এবং টেন্‌জেণ্ট্ স্বতন্ত্রভাবে দেওয়া থাকে।

ত্রিভুজ সম্বন্ধীয় নিম্নলিখিত সূত্রগুলি বিশেষ আবশ্যকীয় (৪৬শ চিত্র) :—

একটী কখগ ত্রিভুজের কোণ ৩টী ক, খ ও গ বলিয়া অবিহিত হইবে, এবং উহাদের অভিমুখীন বাহুগুলিকে যথাক্রমে $\underline{\text{ক}}$, $\underline{\text{খ}}$ ও $\underline{\text{গ}}$ বলা যাইবে।

৪৬ চিত্র।

(১) তিনটী বাহু, যথা $\underline{\text{ক}}$, $\underline{\text{খ}}$, $\underline{\text{গ}}$, দেওয়া থাকিলে

$$\text{ক্ষেত্রফল} = \sqrt{\underline{\text{স}}(\underline{\text{স}}-\underline{\text{ক}})(\underline{\text{স}}-\underline{\text{খ}})(\underline{\text{স}}-\underline{\text{গ}})}$$

$$\text{এখানে } \underline{\text{স}} = \frac{\underline{\text{ক}}+\underline{\text{খ}}+\underline{\text{গ}}}{২}\text{।}$$

(২) দুইটী বাহু ও উহাদের অন্তর্গত কোণ দেওয়া থাকিলে

$$\text{ক্ষেত্রফল} = \frac{১}{২}\underline{\text{খ}}\,\underline{\text{গ}}\text{ সাইন্ ক।}$$

(৩) দুইটী বাহু ও অন্তর্গত কোণ দেওয়া থাকিলে তৃতীয় বাহু নির্ণয় করিতে এই সূত্রের সাহায্য লইতে হইবে :—

$$\underline{\text{গ}}^{২} = \underline{\text{ক}}^{২} + \underline{\text{খ}}^{২} - ২\,\underline{\text{ক}}\,\underline{\text{খ}}\text{ কস্ গ।}$$

(৪) তিনটী কোণ ও একটী বাহু দেওয়া থাকিলে ত্রিভুজটী মীমাংসা (solve) করিতে এই সূত্রের সাহায্য লইতে হইবে :—

$$\frac{\underline{\text{ক}}}{\text{সাইন্ ক}} = \frac{\underline{\text{খ}}}{\text{সাইন্ খ}} = \frac{\underline{\text{গ}}}{\text{সাইন্ গ}}\text{।}$$

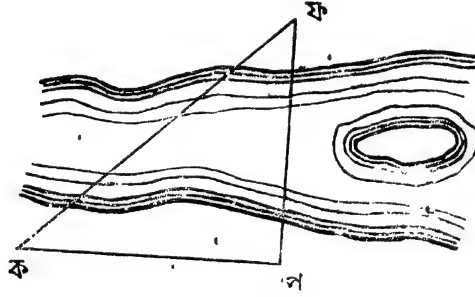
(৫) তিনটী বাহু দেওয়া থাকিলে, কোণ সমুদয় গণনা করিতে নিম্ন-লিখিত সূত্রগুলির সাহায্য লইতে হইবে ঃ—

$$টেন্ \frac{ক}{২} = \frac{\sqrt{(স-খ)(স-গ)}}{\sqrt{স(স-ক)}}$$

$$টেন্ \frac{খ}{২} = \frac{\sqrt{(স-গ)(স-ক)}}{\sqrt{স(স-খ)}}$$

$$টেন্ \frac{গ}{২} = \frac{\sqrt{(স-ক)(স-খ)}}{\sqrt{স(স-গ)}}$$

বিবিধ উদাহরণ।

একটী নদীর উভয় তীরবর্ত্তী দুই বিন্দুর দূরত্ব নির্ণয় করিতে হইবে। নদীর উপর দিয়া শিকল দ্বারা মাপ করা যায় না।

৪৭ চিত্র।

মনে কর, প এবং ফ এইরূপ দুই বিন্দু (৪৭ম চিত্র)। উহাদের মধ্যবর্ত্তী দূরত্ব নিরূপণ করিতে হইবে।

পফ এর সহিত সমকোণে কপ রেখা পাত কর। ইহা শিকল দ্বারা না করিয়া ডায়াল (dial) কিম্বা থিয়োডোলাইট দ্বারা করিলে কার্য্য নির্ভুল হইবে।

ক এ যন্ত্রটী স্থাপন কর, এবং পকফ কোণ মাপ। কপ দূরত্ব শিকল দ্বারা মাপ কর।

যেহেতু $\frac{পফ}{কপ} = টেন্ ক$

$\therefore$ পফ $=$ কপ $\times$ টেন্ ক

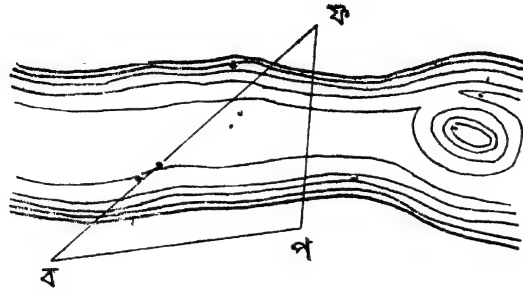
কিন্তু কপ জানা আছে।

অতএব তালিকা হইতে ক কোণের টেন্ বাহির করিলেই পফ গণনা করা যাইবে।

উপায়ান্তর।

যদি প বিন্দু হইতে পফ এর সহিত সমকোণে ভূমিতে রেখা পাত করা অসম্ভব হয়, তাহা হইলে যন্ত্রের সাহায্যে যে কোন কোণ, যথা ফপব কর, এবং উহার একটী বাহু হইতে একটী সুবিধামত অংশ পব লইয়া উহাকে মাপ কর। মাপ যেন নিভু'ল হয়। ৪৮ম চিত্র দেখ।

৪৮ চিত্র।

পবফ কোণটী মাপ।

অতএব ৫৩ পৃষ্ঠায় ৪ সূত্রানুসারে আমরা দেখিতে পাই,

$$\frac{প}{সাইন্ প}=\frac{ফ}{সাইন্ ফ}=\frac{ব}{সাইন্ ব}$$

সুতরাং $\frac{পফ}{সাইন্ ব}=\frac{পব}{সাইন্ ফ}$

$$\therefore পফ=\frac{পব \times সাইন্ ব}{সাইন্ ফ}$$

$$=\frac{পব \times সাইন্ ব}{সাইন্ (১৮০^\circ - প - ব)}$$

অতএব পফ নিরূপণ করা যাইতে পারে।

ধনুকের দৈর্ঘ্য দেওয়া আছে। উহা বৃত্তের কেন্দ্রে যে কোণ উৎপন্ন করে তাহা নির্ণয় করিতে হইবে।

র বৃত্তের ব্যাসার্দ্ধ (৪৯ম চিত্র), এবং ধ কখ ধনুর দৈর্ঘ্য।

র এর সমান করিয়া কগ ধনুঃ মাপ কর।

অতএব কবগ = এক সমত্রিজ্যাকোণ।
সুতরাং

$$\frac{\text{কখ ধনুঃ}}{\text{কগ ধনুঃ}} = \frac{\text{কবখ কোণ}}{\text{কবগ কোণ}}$$

এবং এক সমত্রিজ্যাকোণে ৫৭$^\circ\frac{১}{৩}$ ধরিলে

$$\frac{\text{ধ}}{\text{র}} = \frac{\text{কবখ কোণ}}{৫৭^\circ\frac{১}{৩}}$$

$$\therefore \quad \text{কবখ} \quad \text{কোণ} = ৫৭^\circ\frac{১}{৩} \times \frac{\text{ধ}}{\text{র}}$$

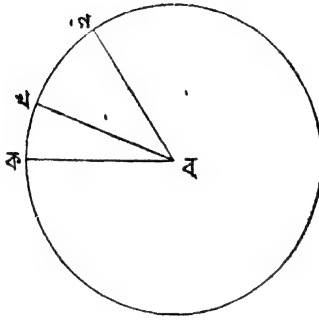
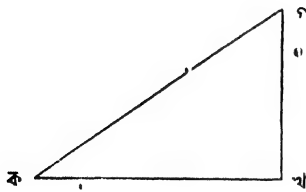
৪৯ চিত্র।

যদি সূক্ষ্মগণনা আবশ্যক হয়, তবে

$$\frac{\text{ধ}}{\text{র}} = \frac{\text{কবখ কোণ}}{\frac{১৮০^\circ}{\pi}}$$

$\therefore$ কবগ কোণ (ডিগ্রিতে)

$$= \frac{\text{ধ}}{\text{র}} \times \frac{১৮০^\circ}{\pi}$$

$$= \text{প্রায়} \; \frac{\text{ধ} \times ১৮০^\circ}{\text{র} \times ৩\text{'}১৪১৫৯}\text{।}$$

চৌরস ভূমিতে অবস্থিত একটী স্তম্ভের উচ্চতা নির্ণয় করিতে হইবে।

৫০ চিত্র।

খগ একটী স্তম্ভ (৫০ম চিত্র দেখ)।

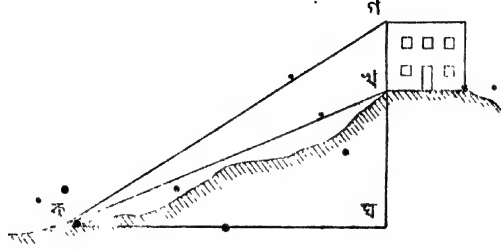
স্তম্ভের পাদদেশ হইতে সুবিধামত কখ দৈর্ঘ্য মাপ কর।

খকগ উর্দ্ধাধঃ কোণ (vertical angle) মাপ।

অতএব টেন্ খকগ $= \frac{\text{খগ}}{\text{কখ}}$

$\therefore$ খগ = কখ টেন্ খকগ

সুতরাং খগ পাওয়া যাইবে।

একটী গৃহ চৌরস ভূমিতে অবস্থিত নহে। উহার উচ্চতা স্থির করিতে হইবে।

৫১ চিত্র।

৫১ম চিত্রে. খগ একটী গৃহের দুই পার্শ্বের সংযোগ রেখা (edge)। ঐ রেখা সহজে মাপা যাইতে পারে।

একটী ক বিন্দু মনোনীত কর। উহা হইতে যেন গ এবং খ দেখা যায়।

ক্ষিতিজতলগত রেখা কঘ টান। গখ বৰ্দ্ধিত করিলে কঘ এর সহিত সমকোণে হইবে।

কখ মাপ কর (শিকল দ্বারা ধাপে ধাপে মাপিয়া)।
ঘকখ এবং ঘকগ ঊর্দ্ধাধঃ কোণ দুইটী মাপ।
এখন আমরা জানি.

$$\frac{ঘগ}{কঘ} = টেন্‌ ঘকগ$$

$$এবং \ \frac{খঘ}{কঘ} = টেন্‌ ঘকখ$$

অতএব বিয়োগ করিয়া.

$$\frac{ঘগ - খঘ}{ঘক} = টেন্‌ ঘকগ - টেন্‌ ঘকখ$$

$$\therefore \ \frac{গখ}{কঘ} = টেন্‌ ঘকগ - টেন্‌ ঘকখ$$

কিন্তু কঘ জানা আছে। কারণ উহা ধাপে ধাপে মাপা হইয়াছে। অতএব তালিকা হইতে ঘকগ এবং ঘকখ কোণের টেন্ বাহির করিলেই খগ নির্ণীত হইবে।

একটী চানককে ৫৪০ ফুট গভীর করায় কয়লাস্তর পাওয়া গিয়াছে। স্তরের নতি ১২°। প্রথম চানকের ১৮০ ফুট দক্ষিণে একটী দ্বিতীয় চানক খনন করা হইয়াছে। উহা কত ফুট গভীর করিলে কয়লাস্তরটী পাওয়া যাইবে।

কখ প্রথম চানক (৫১ম চিত্র), এবং খঘ স্তর।

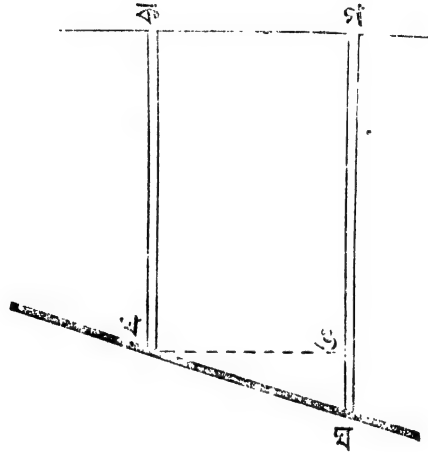
গঘ দ্বিতীয় চানক। উহা স্তরের সহিত ঘ বিন্দুতে মিলিয়াছে।

গঘ এর উপর খঙ লম্বপাত কর।

অতএব ঙখঘ =১২°, এবং খঙ ১৮০ ফুট।

৫২ চিত্র।

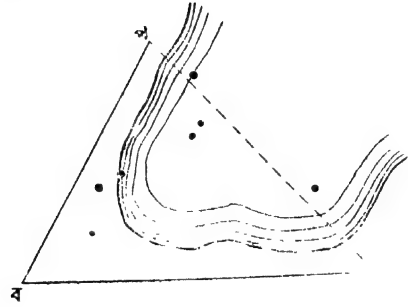
এখন $\frac{\text{ঙঘ}}{\text{ঙখ}}$ = টেন্ ১২°।

∴ $\frac{\text{ঙঘ}}{\text{১৮০}}$ = ·২১২৬

∴ ঙঘ =১৮০ × ·২১২৬=৩৮·৭৭ ফুট

∴ দ্বিতীয় চানকের গভীরতা

=৫৪০+৩৮·৭৭ ফুট

=৫৭৮ ফুট ৯ ইঞ্চি।

এক জরিপকারী একটী বিস্তৃত হ্রদের উভয় তীরবর্ত্তী প ও ফ দুই বিন্দুর দূরত্ব নির্দ্ধারণ করিতে ইচ্ছুক। তিনি সুবিধামত স্থানে একটী ব বিন্দু মনোনীত করিলেন। ঐ বিন্দু হইতে প ও ফ এ সহজে যাওয়া যায়। তিনি দেখিলেন পব=৭৯৫ ফুট, ফব=১০৪২ ফুট এবং পবফ কোণ = ৫৪°। প হইতে ফ এর দূরত্ব কত?

৫৩ চিত্র।

৫৩ম চিত্র দেখ। ৫৩ পৃষ্ঠার তৃতীয় সূত্র ব্যবহার করিলে আমরা দেখিতে পাই,

$$\text{পফ}^{২} = \text{পব}^{২} + \text{বফ}^{২} - ২\ \text{পব} \times \text{বফ কস্ ব}$$

$$= ৭৯৫^{২} + ১০৪২^{২} - ১৬৫৬৭৮০\ \text{কস্}\ ৫৪^{\circ}$$

$$= ১৭১৭৭৮৯ - ১৬৫৬৭৮০ \times \cdot৫৮৭৮$$

$$= ৭৪৩৯৮৩\cdot৭$$

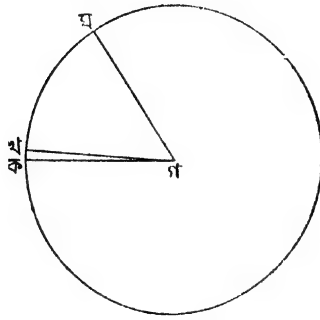
$\therefore$ পফ = ৮৭২·৫ ফুট।

কোন এক জরিপকারী ভূমিতে একটী রেখা পাত করিবার জন্য যন্ত্রে ১৭৪° ১৫′ মিনিটের পরিবর্ত্তে দৈবাৎ ১৭৪° ৪৫′ বাঁধিয়াছেন। পাতিত রেখা ৪২০ ফুট লম্বা। রেখাপ্রান্ত কতটা পার্শ্বে সরিয়া গিয়াছে?

গ বিন্দুতে যন্ত্রটী বসান হইয়াছে, (৫৪ম চিত্র দেখ) এবং মনে কর, গক ঠিক এবং গখ ভুলক্রমে পাতিত রেখা।

অতএব খগক কোণ = ০° ৩০′।

গকে কেন্দ্র করিয়া, গক দূরত্ব লইয়া, একটী বৃত্ত অঙ্কিত কর। গক ৪২০ ফুট।

খগক কোণ অত্যন্ত ক্ষুদ্র বলিয়া খক ধনুকে প্রায় খক সরল রেখার সমান ধরা যাইতে পারে ; এবং খ বিন্দু ঐ পরিমাণ পার্শ্বে সরিয়া গিয়াছে।

৫৪ চিত্র।

ব্যাসার্দ্ধের সমান করিয়া একটী কখ ধনুঃ লও।

অতএব $\frac{\text{খক ধনুঃ}}{\text{ঘক ধনুঃ}} = \frac{\text{কগখ কোণ}}{\text{ঘগক কোণ}}$

$\therefore \frac{\text{কখ ধনুঃ}}{৪২০'} = \frac{০^\circ\ ৩০'}{৫৭^\circ\text{.}৩}$

$\therefore$ কখ $= ১১ \times ৪২০ \times \frac{৩০}{৬০} \times \frac{\cdot ৩}{১৭২}$ ইঞ্চি

$\therefore$ ভুল $=$ ৪৪ ইঞ্চি।

<u>একটী ত্রিভুজের বাহু সমূহ ক্রমান্বয়ে ১৫৪, ১৪০ এবং ২১৪ ফুট। উহার কোণগুলি নির্ণয় কর।</u>

মনে কর, $\underline{\text{ক}} =$ ১৫৪ ফুট।

$\underline{\text{খ}} =$ ১৪০ ফুট।

$\underline{\text{গ}} =$ ২১৪ ফুট।

অতএব $\text{স} = \frac{\underline{\text{ক}} + \underline{\text{খ}} + \underline{\text{গ}}}{২} = ২৫৯$

সুতরাং যদি ত্রিভুজের কোণগুলিকে ক, খ এবং গ বলা হয়, তাহা হইলে ৫৪ পৃষ্ঠার পঞ্চম সূত্রানুসারে :—

$$\text{টেন্}\ \frac{\text{ক}}{২} = \frac{\sqrt{(\text{স}-\underline{\text{খ}})\ (\text{স}-\underline{\text{গ}})}}{\sqrt{\text{স}\ (\text{স}-\underline{\text{ক}})}}$$

$$= \frac{\sqrt{১১৯ \times ৩৫}}{\sqrt{২৫৯ \times ১০৫}}$$

$$= \cdot ৩৯১৪৮$$

$$\text{টেন্}\ \frac{\text{খ}}{২} = \frac{\sqrt{(\text{স}-\underline{\text{গ}})\ (\text{স}-\underline{\text{ক}})}}{\sqrt{\text{স}\ (\text{স}-\underline{\text{খ}})}}$$

$$= \frac{\sqrt{৩৫ \times ১০৫}}{\sqrt{২৫৯ \times ১১৯}}$$

$$= \cdot ৩৪৫৩০২$$

$$\text{টেন}\ \frac{গ}{২} = \frac{\sqrt{(\underline{স}-\underline{ক})\ (\underline{স}-\underline{খ})}}{\sqrt{\underline{স}\ (\underline{স}-\underline{গ})}}.$$

$$= \frac{\sqrt{১০৫ \times ১১৯}}{\sqrt{২৫৯ \times ৩৫}}$$

$$= ১·১৭৪০৪৪$$

এখন তালিকা হইতে পাওয়া যায় :—

$$\frac{ক}{২} = ২০^{\circ}\ ৫২'\ ৪৭''$$

$$\frac{খ}{২} = ১৯^{\circ}\ ০২'\ ৫৯''$$

$$\frac{গ}{২} = ৪৯^{\circ}\ ৩৪'\ ৩৮''$$

$$ক = ৪১^{\circ}\ ৪৫'\ ৩৪''$$

$$খ = ৩৮^{\circ}\ ০৫'\ ৫৮''$$

$$গ = ৯৯^{\circ}\ ০৯'\ ১৬''$$

এইগুলি যোগ করিলে ঠিক ১৮০° হওয়া উচিত ; কিন্তু এখানে উহাদের যোগফল ১৮০° ০০′ ৪৮″ ; অতএব এক মিনিট অপেক্ষা কম ভুল হইয়াছে।

জনৈক জরিপকারী ১৭৫৬ ফুট লম্বা একটী কখ ভূমিরেখা মাপিয়াছেন। উহার প্রত্যেক প্রান্ত হইতে তিনি একটী দূরস্থিত গ বিন্দু দেখিলেন, এবং কখগ কোণ ৬৫° ৪৯′ ও খকগ কোণ ৭১° ২১′ মাপিলেন। কগ এবং খগ রেখা কত লম্বা নির্ণয় কর।

খগক কোণ $= ১৮০^{\circ} - (ক + খ) = ৪২^{\circ}\ ৪৯'$

মনে কর, কখ $= \underline{গ}$

খগ $= \underline{ক}$

এবং গক $= \underline{খ}$

অতএব (৫৩ পৃষ্ঠায় চতুর্থ সূত্র দেখ)

$$\frac{\underline{ক}}{\text{সাইন্}\ ক} = \frac{\underline{খ}}{\text{সাইন্}\ খ} = \frac{\underline{গ}}{\text{সাইন্}\ গ}$$

$$\therefore \frac{\underline{ক}}{\text{সাইন্}\ ৭১^{\circ}\ ২১'} = \frac{\underline{খ}}{\text{সাইন্}\ ৬৫^{\circ}\ ৪৯'} = \frac{\underline{গ}}{\text{সাইন্}\ ৪২^{\circ}\ ৪৯'}$$

$$\therefore \frac{\underline{ক}}{·৯৪৭৫৮} = \frac{\underline{খ}}{·৯১২২৪} = \frac{\underline{গ}}{·৬৭৯৬৫}$$

$$\therefore \quad ক = \frac{১৭৫৬ \times ৯৪৭৫৮}{৬৭৯৬৫}$$

$$এবং \quad খ = \frac{১৭৫৬ \times ৯১১২৪}{৬৭৯৬৫}$$

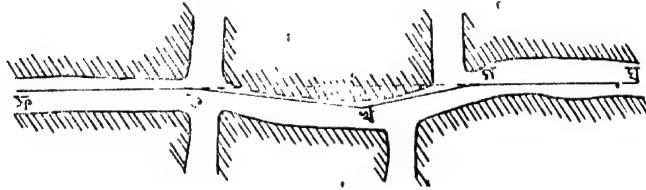
∴ খগ = ২৪৪৮ ফুট

এবং কগ = ২৩৫৭ ফুট

ছাত্রদের এই সম্পাদ্য কিম্বা এই ধরণের সম্পাদ্য সুবিধামত মানানুসারে অঙ্কিত করতঃ ফল বাহির করিয়া তাহার সহিত গণিত ফলের তুলনা করা উচিত।

একটী প্রস্তাবিত হলেজ রাস্তার কেন্দ্ররেখা জরিপ করিবার সময় জরিপকারী বাধা বশতঃ মূল রেখা বর্দ্ধিত না করিয়া ১৮০° ২৪′ কোণে রেখা পাত করিতে বাধ্য হন। এই নূতন দিকে রেখা ১৭৫ ফুট পর্য্যন্ত যায়। তৎপরে তিনি অন্য দিকে ১২০ ফুট যাইয়া মূল রেখায় পৌছিবার সুবিধা দেখিতে পান। কত কোণে যন্ত্র বাঁধিলে তিনি ঐরূপ করিতে পারিবেন, এবং পুনরায় কত কোণে ঘুরিলে তিনি মূল রেখার দিকে চলিতে পারিবেন?

৫৫ম চিত্রে কগ মূল রেখা, এবং কখ বাধা বশতঃ পরিবর্ত্তিত রেখা।

অতএব গকখ কোণ = ০° ২৪′

এবং কখ = ১৭৫ ফুট।

৫৫ চিত্র।

মনে কর, খগ রেখা ১২০ ফুট লম্বা, এবং উহা খ হইতে আরম্ভ করিয়া মূল রেখায় গ বিন্দুতে মিলিয়াছে। অতএব চিত্রে কগঘ একটী সরল রেখা হইয়াছে।

জরিপকারীকে কখগ এবং খগঘ কোণ নিরূপণ করিতে হইবে।

যেহেতু কখ ১৭৫ ফুট লম্বা,

এবং খকগ কোণ = ২৪′ মিনিট।

অতএব কগ হইতে খ স্থূলতঃ প্রায়

$$\frac{১৭৫ \times ২৪ \times ৩}{৬০ \times ১৭২} \text{ ফুট।}$$

কিম্বা ১৪.৭ ইঞ্চি পার্শ্বে সরিয়া গিয়াছে।

পুনঃ যদি কগখ কোণ <u>শ</u> হয়.

তাহা হইলে খ ইঞ্চি হিসাবে

$$\frac{\text{১২০} \times \underline{\text{শ}} \times \text{৩} \times \text{১২}}{\text{৬০} \times \text{১৭২}}$$ পার্শ্বে সরিয়া গিয়াছে .

$$\therefore \text{১৪.৭} = \frac{\text{১২০} \times \underline{\text{শ}} \times \text{৩} \times \text{১২}}{\text{৬০} \times \text{১৭২}}$$

$$\therefore \underline{\text{শ}} = \frac{\text{১৭২} \times \text{১৪.৭}}{\text{২} \times \text{৩} \times \text{১২}}$$

$= \text{৩৫}'$ মিনিট।

অতএব কখগ কোণ $= \text{১৮০}^\circ - (\text{২৪}' + \text{৩৫}')$

কিম্বা $\text{১৭৯}^\circ\ \text{০১}'$

এবং খগঘ কোণ $= \text{১৮০}^\circ + \text{৩৫}'$

$= \text{১৮০}^\circ\ \text{৩৫}'$।

তৃতীয় অধ্যায়ের প্রশ্নমালা।

১। (ক) ১৪২° ২৩′ ৪৯″ কে গ্রেড ইত্যাদিতে পরিবর্তিত ক . .

(খ) ৬৫^{গ} ৮৯′ ২৩″ কে ডিগ্রি ইত্যাদিতে পরিবর্তিত কর।

(গ) ৬২° ১৫′ ০০″ কে চাপীয় মানে পরিবর্তিত কর।

উত্তর :— (ক) ১৫৮^{গ} ২১′ ৮৮″

(খ) ৫৯° ২৮′ ১১″

(গ) ১·০৮৬৪৭ সমত্রিজ্যাকোণ।

২। এক জরিপকারী একটী কখগ ত্রিভুজ ক্ষেত্রের তিনটী বাহু, যথা কখ=৫৭২ ফুট, খগ=৫৩৭ ফুট এবং কগ=৮৫৬ ফুট মাপিয়াছেন। কখ এবং কগ যথাযথ মাপা সহজ, কিন্তু খগ বন্ধুর জায়গায় অবস্থিত। খকগ কোণ মাপ করিয়া ৩৭° ৪৫′ পাওয়া গিয়াছে। খগ এর মাপ ঠিক কি না?

উত্তর :— না। ইহা ২ ফুট ৭ ইঞ্চি অধিক।

৩। কখগ একটী ত্রিভুজ। কখ এবং কগ বাহু যথাক্রমে ১৭০ এবং ১৫৩ ফুট। কখগ কোণ ৪৯° ১৮′ এবং কগখ সূক্ষ্মকোণ। কগঘ কোণ এবং খগ বাহু নির্ণয় কর।

উত্তর :— ৫৭° ২৩′। ১৯৩ ফুট।

৪। এক জরিপকারী নদীর মধ্যে অবস্থিত একটী দ্বীপে একটী প খুঁটী এবং অপর তীরস্থিত একটী ফ খুঁটীর ব্যবধান নির্ণয় করিতে ইচ্ছা করেন। তিনি পফ এর সহিত এক রেখায় একটী ঘ বিন্দু লইলেন, এবং উহার সহিত সমকোণে ঘক রেখা পাত করিলেন। ঘক ২৫০ ফুট লম্বা। ঘকপ এবং ঘকফ কোণ যথাক্রমে ৩৪° ১২′ এবং ৫১° ০৬′। প হইতে ফ এর দূরত্ব কত?

উত্তর :— ১৪০ ফুট।

৫। একটী স্তরের নতি ঠিক দক্ষিণ দিকে ৮ এ ১। উত্তর-পশ্চিমে চালিত একটী সুঁদের প্রবণতা কত হইবে?

উত্তর :— ১১·৩ এ ১।

৬। নিম্নলিখিত জরিপটীর নক্সা কর, এবং ঘক এর মাপ এবং বিয়ারিং অর্থাৎ মধ্যরেখার সহিত অবনতি (bearing) মানানুসারে মাপিয়া এবং হিসাব করিয়া এই উভয় প্রকারেই নিরূপণ কর।

কখ	এস্ ১১° ডব্লিউ	৪২০ ফুট,
খগ	এস্ ৮৯° ডব্লিউ	৩৪৩ ফুট,
গঘ	এন্ ৫° ই	৩৫০ ফুট।

উত্তর :— ৩৯৮$\frac{১}{২}$ ফুট। এন্ ৯° ৫৪′ ই।

৭। এক জরিপকারী খনির ভিতরে একটী রেখাকে বৰ্দ্ধিত করিতে না পারিয়া উহাকে ১৮১° ০৬′ কোণে পাতিত করেন। যে স্থান হইতে রেখার দিক্ পরিবর্ত্তন হইয়াছে তথা হইতে ঐ রেখায় ১২৯ ফুট দূরে যাইলে তিনি মূল রেখা হইতে কত পরিমাণে পার্শ্বে সরিয়া যাইবেন।

উত্তর :— ২ ফুট ৫·৭ ইঞ্চি।

৮। একটী কয়লাস্তরের নতি ১৫° এবং এন্ ১৫° ই দিকে। স্তরে এস্ ৮৭° ই দিকে চালিত একটী সুঁদের প্রবণতা কত ?

উত্তর :— ৪$\frac{১}{১}$ কিম্বা ১৪ এ ১।

৯। একটী চিম্‌নির উপর হইতে ক এবং খ দুইটী খুঁটীর অবনতাংশ (angle of depression) ক্রমান্বয়ে ২৭° এবং ৪৫° মাপা হইয়াছে। ক এবং খ চিম্‌নির পাদদেশের সহিত এক রেখায় এবং এক সমতলে অবস্থিত। ক এবং খ এর মধ্যবর্ত্তী দূরত্ব ১৫০ ফুট চিম্‌নির উচ্চতা কত ?

উত্তর :— ১৮৬$\frac{১}{১}$ ফুট।

চতুর্থ অধ্যায়।

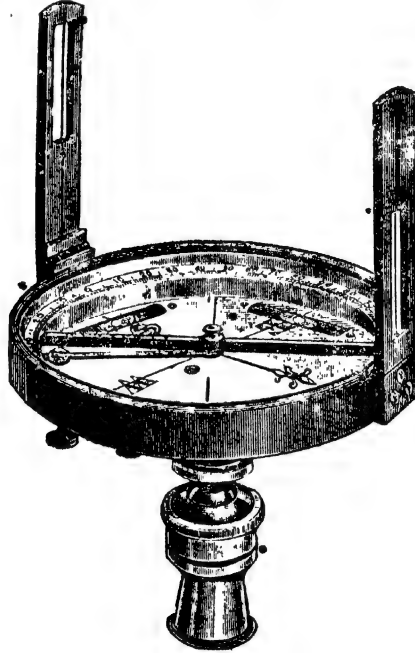
জরিপ এবং নক্সা করিবার যন্ত্র।

(Surveying and Drawing Instruments).

জরিপ করিবার যন্ত্রে প্রায়শঃ চুম্বকশলাকা ব্যবহৃত হয়। শলাকা ইস্পাতের পাটি (bar) হইতে নির্ম্মিত। পাটির প্রান্তদ্বয়কে সূচের ন্যায় ক্রমশঃ সরু কিম্বা বাটালির অগ্রভাগের মত ধারযুক্ত করা হয়, এবং মধ্যস্থলে একটী এ্যাগেট (agate) প্রস্তরের নিধানস্থান (bearing) সংযুক্ত থাকে। নিধানস্থান থাকাতে শলাকা কঠিন ইস্পাত নির্ম্মিত বিবর্ত্তন কীলকের (pivot) উপর অবলীলাক্রমে ঘুরিতে পারে। চুম্বকশক্তি অর্পণ করিয়া সমতুল (balance) করিলে উহা ক্ষিতিজ-তলে ঘুরিয়া ফিরিয়া স্থূলতঃ উত্তর দক্ষিণে যে নির্দ্দিষ্টদিকে স্থির হইবে তাহাকে চৌম্বক মধ্যরেখা (magnetic meridian) বলে। এই মধ্যরেখা পঞ্চম অধ্যায়ে বিশদরূপে আলোচিত হইবে। আপাততঃ ইহা জানিলেই যথেষ্ট হইবে যে, এই রেখা একেবারে স্থির নহে; উহা অল্পে অল্পে পরিবর্ত্তনশীল। তথাপি ইহা অত্যন্ত প্রয়োজনীয়। কারণ ইহাকে ভূমিরেখা করিয়া ইহার সহিত যে কোন রেখা কত কোণ জাত করে তাহা সহজেই নিরূপিত হইতে পারে। শলাকা চৌম্বক মধ্যরেখায় ক্ষিতিজতলের সহিত সমান্তরে থাকে না। পরন্তু উহা সর্ব্বদা ঐ তলের সহিত কিছু অবনত। চুম্বকশক্তিহীন একটী শলাকা কীলকের উপরে রাখ। উহা যেন উর্দ্ধাধঃ তলে ঘুরিতে পারে। তৎপরে চুম্বক-শক্তি প্রদান করিয়া পুনঃ কীলকের উপর স্থাপন কর। এখন উহা চৌম্বক মধ্যরেখায় ঐ তলে ঘুরিবে, এবং স্থির হইলে ক্ষিতিজতলের সহিত একটী নির্দ্দিষ্ট কোণ করিবে। ঐ কোণকে স্থানীয় "চৌম্বকাবনতি" (magnetic dip) আখ্যা দেওয়া হয়। অবনতির পরিমাণ স্থানভেদে বিভিন্ন। তন্নিমিত্ত শলাকাকে একস্থানে ক্ষিতিজতলে ঘুরিবার জন্য সমতুল করিয়া স্থানান্তরিত করিলে উহা ঐ তলে থাকিবে না। অতএব অভীষ্ট স্থানে সমতুল করিতে সর্ব্বদাই উহাতে একটী ভার সংযুক্ত থাকে। লৌহ কিম্বা ইস্পাত নিকটে আনয়ন করিলে চৌম্বকাকর্ষণ দ্বারা শলাকা যে স্থানে স্থির থাকে সেই স্থান হইতে সরিয়া যাইবে। অতএব ঐ ধাতুর সান্নিধ্যে চুম্বকশলাকাযুক্ত যন্ত্র দ্বারা কোণের পরিমাণ নির্ভুল হয় না। কাজেই, জরিপকারী ছুরি, চাবিকাটি ইত্যাদি লৌহের দ্রব্য সঙ্গে রাখিতে পারিবেন না। তাঁহার বাতি সম্পূর্ণরূপে পিতল কিম্বা এ্যালুমিনিয়মের এবং উহার জালি (gauze) তাম্রের হইবে। তিনি যেন লৌহবর্ত্মের (rails) এবং লৌহ নির্ম্মিত নলের সন্নিকটে যন্ত্র বসাইয়া কোন দ্রব্য চৌম্বক মধ্যরেখার সহিত কত কোণ করে তাহা শলাকা

চুম্বকশলাকা (magnetic needle)।

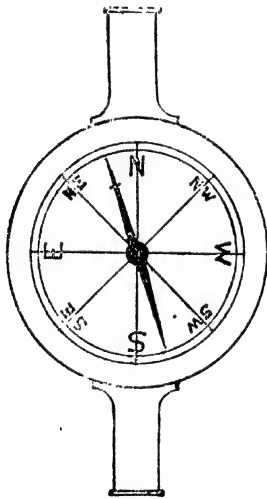
আল্‌গা করিয়া যন্ত্রযোগে পাঠ না লন, অর্থাৎ মাপ না করেন। শলাকা আলুগা করিয়া পাঠ লওয়াকে মুক্তশলাকাপাঠ (loose needle reading) বলে। বস্থ জরিপকারীর মত, যন্ত্র লৌহবর্ত্ম ও লৌহ নির্ম্মিত নলের নিকট হইতে ৬ গজ দূরে রাখিলেই যথেষ্ট।

ইস্পাতের পাটির প্রান্তদ্বয় বাটালির অগ্রের মত হইলে শলাকায় চুম্বকশক্তি অধিক দিন স্থায়ী হয় না। অগ্রভাগ স্থূল হইলে ঐ শক্তি বহুকাল থাকে, কিন্তু উহাতে পাঠ লওয়া অসুবিধাজনক। স্থূলপ্রান্ত শলাকায় পিতলের কাঁটা লাগাইলে পাঠ সূক্ষ্ম হইবে, এবং চুম্বকশক্তিরও শীঘ্র হ্রাস হইবে না। জনৈক যন্ত্র নির্ম্মাতা গোল শলাকা ব্যবহার করিতেছেন। তিনি বলেন, উহা অল্পেই অভিভূত হয় (sensitive), অর্থাৎ উহা ক্ষুদ্র লৌহ দ্বারা শীঘ্র আকৃষ্ট হয়; এবং গোল শলাকায় অন্যান্য আকারের শলাকা অপেক্ষা চুম্বকশক্তি বহুকাল থাকে।

৫৬ চিত্র—খনির ডায়াল।

চুম্বকশলাকার এই একদিকবর্ত্তিতা খনির কম্পাস নামক যন্ত্রে কাজে লাগান হয়। ঐ যন্ত্র জরিপকারী ব্যবহার করেন। ৫৬ম চিত্রে ঐরূপ যন্ত্র প্রদর্শিত হইল। ইহাতে প্রধানতঃ একটী বিভক্ত বৃত্ত (graduated ring) আছে। বৃত্তটী কাচের ঢাক্‌না দ্বারা সুরক্ষিত পিতলের আধারে থাকে। একটী চুম্বকশলাকা ঐ

খনির কম্পাস বা ডায়াল (miner's dial)।

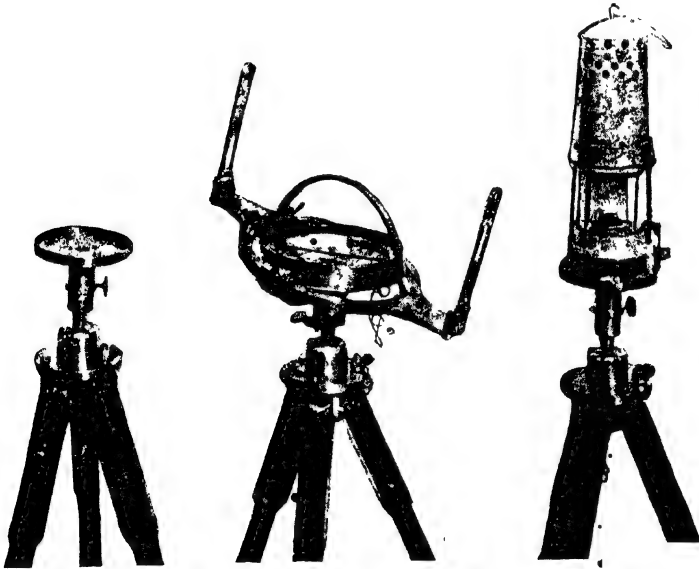
বৃত্তের সমকেন্দ্রে ঘুরে। শলাকার দৈর্ঘ্য আবশ্যকানুযায়ী হইবে। যন্ত্রে দৃষ্টিফলক (sight vane) থাকে : উহার দৃষ্টিরেখা (line of sight) যন্ত্রের কেন্দ্র এবং বিভক্ত বৃত্তের এন্ (n) ও এস্ (s) অক্ষর দিয়া গমন করে। দুইটী দৃষ্টিফলক যথাক্রমে যন্ত্রের এন্ এবং এস্ বিন্দুতে নিবদ্ধ। যন্ত্র ব্যবহার করিবার সময় উহা-দিগকে খাড়া করা হয়, এবং বাক্সে বন্ধ করিতে হইলে ঢাক্‌নির উপর ভাঁজ করিয়া রাখা যাইতে পারে। একটী ফলকের সরু আয়তাকার লম্বা ছিদ্রের (slit) মধ্য দিয়া অন্যটীর বালাম্‌চী লক্ষ্য করিলে দৃষ্টিরেখা পাওয়া যায়। কম্পাসকে উহার অক্ষের (axis) উপর ঘুরাইয়া দর্শনীয় বিন্দুকে বালাম্‌চী দ্বারা কর্ত্তন (intersect) করা হয়। যন্ত্রকে সূক্ষ্মভাবে জলসম (level) করিবার জন্য ডায়ালে বুদ্বুদ্‌যুক্ত কাচের নল (bubble tube) থাকে। ইস্পাতের কীলক যাহাতে শীঘ্র ক্ষয়প্রাপ্ত না হয়, কিম্বা যন্ত্র স্থানান্তরিত করিবার সময় ভাঙ্গিয়া না যায়, তন্নিমিত্ত শলাকাকে কীলক হইতে উঠাইয়া কাচের ঢাক্‌নায় চাপিয়া রাখিবার জন্য একটী কৌশল অবলম্বিত হইয়াছে।

ডায়াল চারি বৃত্তপাদে বিভক্ত, প্রত্যেকটী ৯০°। পাদের শেষে ক্রমান্বয়ে এন্, ই, এস্ এবং ডব্‌লিউ এই চারি অক্ষর খোদিত আছে। প্রত্যেক বৃত্তপাদ ৯০ ডিগ্রিতে বিভক্ত। এন্ এবং এস্ কে 0 ধরা হয়, এবং ১০, ২০, ৩০ ইত্যাদি অঙ্কগুলি এন্ ও এস্ এর দক্ষিণে ও বামে লিখিয়া ই ও ডব্‌লিউয়ে ৯০ লিখিত হয়। এইরূপে পাদে ডিগ্রি সূচক অঙ্কগুলি লিখিত হইয়া থাকে। ঐ সকল বৃত্তপাদ উল্লেখ করিয়া যে কোন দিক নির্দ্দিষ্ট হয় ; যথা এন ৪০° ডব্‌লিউ, এস্ ৮৫° ই ইত্যাদি।

৫৭ চিত্র।

যন্ত্রে বিয়ারিং (bearing) লইতে হইলে, অর্থাৎ দুই বিন্দুর সংযোগে যে রেখা হয় তাহা চৌম্বক মধ্যরেখার সহিত কত কোণ করিয়াছে নির্ণয় করিতে হইলে, ডায়ালকে এক বিন্দুতে বসাইয়া যন্ত্রের এস্ এন দিকে অন্যকে দেখিতে হইবে। শলাকা ঘুরিয়া ফিরিয়া একস্থানে স্থির হইবে। তৎপরে শলাকার উত্তর মুখ যে স্থানে স্থির হইল তাহা পরীক্ষা করিতে হইবে। ঐ প্রান্ত বিভক্ত বৃত্তের যে অঙ্কের সহিত মিলিত হইয়াছে তাহাকে পাঠ করিলে রেখার বয়ারিং পাওয়া যাইবে। ৫৭ম চিত্রে দেখা যায়, জরিপকারী ডায়ালের এস্ এন্ রেখায় দেখিতেছেন, কিন্তু যথার্থ তিনি উত্তর এবং পূর্ব্বের মধ্যে কোন

একদিকে নিরীক্ষণ করিতেছেন। শলাকা সর্ব্বদা চৌম্বক উত্তরে (magnetic north) থাকে, অতএব উহা এন্ এর বামে স্থির হইয়াছে। সাবধানে পরীক্ষা করিলে দেখা যায়, শলাকা ২০° বামে রহিয়াছে। ইহাতে স্পষ্ট প্রতীয়মান হইতেছে, যন্ত্রের দৃষ্টিরেখার দিক্‌কে পুস্তকে এন্ ২০° ই লেখা আবশ্যক। উহাই যন্ত্রের পাঠ। অতএব শলাকার উত্তর প্রান্ত বিভক্ত বৃত্তের যে দাগের (line of division) সহিত মিলিয়াছে তাহাকে সঠিক পাঠ করিবার জন্য ডায়ালের ই এন্ এর ৯০° বামে লিখিত হয়। সাদৃশ্যতঃ ডব্‌লিউ এন্ এর ৯০° দক্ষিণে থাকে।

চাপীয় বিয়ারিং (circular bearing)।

একটী রেখা উত্তর দিক হইতে দক্ষিণে ঘুরিবার সময় উত্তর রেখার সহিত যত কোণে অবস্থিত থাকিবে, কেবল তদনুসারেও ডায়াল বিভক্ত হইতে পারে। যে কারণে ডায়ালের ই এন্ এর বামে থাকে, সেই হেতুই কোণসূচক অঙ্কগুলি বামদিকে লিখিত হয়; অতএব ১° এন্ এর বামে এবং ৩৫৯° দক্ষিণে থাকে। সুতরাং এন্ ৪০° ই পাঠ ৪০° বলিয়া লিখিতে হইবে, এন্ ৫ $\frac{১}{২}$° ডব্‌লিউ ৩৫৪ $\frac{১}{২}$° এবং এস্ ৮১ ই ৯৯° হইবে। এই প্রকার পাঠের নাম "চাপীয় বিয়ারিং", এবং পূর্ব্ববিধ পাঠের নাম "বৃত্তপাদ বিয়ারিং" (quadrant bearing)।

৫৮ চিত্র—অতিরিক্ত তেপায়া।

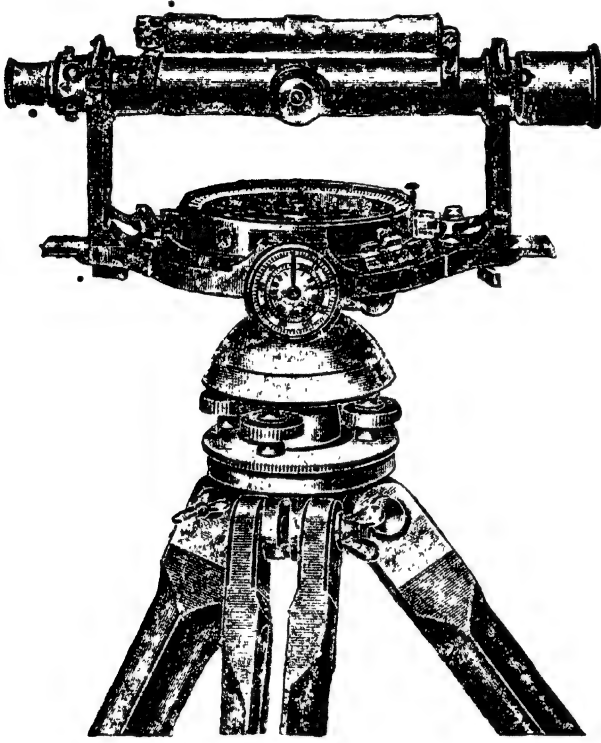
যন্ত্রের তেপায়া ব্যতীত অতিরিক্ত তেপায়া মুক্তশলাকা দ্বারা জরিপ (loose needle survey) এবং বদ্ধশলাকা দ্বারা জরিপ (fixed needle survey) এই উভয় কার্য্যেই তুল্যরূপে আবশ্যক। তেপায়ার উপকারিতা জরিপ শিক্ষা করিবার সময় সম্যক ধারণা হইবে। তেপায়াতে কম্পাস আঁটা যায়, এবং উহাতে বাটী (cup) থাকিলে আঁধাবাতি বা নিরাপদবাতি (safety lamp) লাগান যাইতে পারে। ডায়ালের ন্যায় বাটীও তেপায়ায় স্ক্রু করা এবং খুলিয়া ফেলা যায়। জরিপ করিবার সময় ঐরূপ দুই তিনটী তেপায়া সঙ্গে লওয়া উচিত। কোন বিন্দুকে লক্ষ্য করিতে হইলে জরিপকারী ঐ বিন্দুর উপর একটী অতিরিক্ত তেপায়া বসাইবেন, এবং উহার বাটীতে নিরাপদবাতি রাখিয়া উহার আলোক যন্ত্র দ্বারা কর্ত্তন করিবেন। যন্ত্রের স্থান পরিবর্ত্তন করিতে হইলে তিনি কেবলমাত্র উহাকে তেপায়া হইতে খুলিয়া অতিরিক্ত তেপায়াতে স্ক্রু করিয়া দিবেন। তৎপরে প্রথম তেপায়াটীতে অর্থাৎ যাহার উপর প্রথমে যন্ত্র বসান হইয়াছিল তাহাতে নিরাপদ বাতি বসাইয়া উহার আলোককে কর্ত্তন * করিবেন। ৫৮ম চিত্র দেখ।

অতিরিক্ত তেপায়া (auxiliary tripod)।

থিয়োডোলাইট দ্বারা কার্য্য সূক্ষ্মতম হয়। খনির ভিতরে যে কার্য্যে ঐ যন্ত্রের প্রয়োজন হয় না, অথচ কার্য্য কতকটা ঠিক হওয়া আবশ্যক, তথায় বদ্ধশলাকাযুক্ত কম্পাস ব্যবহৃত হয়। এবম্বিধ জরিপে চুম্বকশলাকার সর্ব্বদা আবশ্যক হয় না; উহা সময়ে সময়ে কেবলমাত্র রেখার বিয়ারিং পরীক্ষা করিবার জন্য ব্যবহৃত হয়। অতএব উহাকে ক্ল্যাম্প (clamp) দ্বারা আবদ্ধ রাখিয়া সম্পূর্ণরূপে উপেক্ষা করা চলে। কিন্তু চুম্বকশলাকা থাকাতে, প্রয়োজন হইলে, যন্ত্র মুক্তশলাকাযুক্ত কম্পাস অথবা খনির ডায়ালরূপে ব্যবহৃত হইতে পারে। যে রেখার জরিপ হইয়া গিয়াছে, সেই পূর্ব্ববর্ত্তী রেখাকে ভূমিরেখা ধরিয়া পরবর্ত্তী রেখার দিক্ নির্ণয় করাই বদ্ধশলাকাজরিপের মূলতত্ত্ব। এইরূপে পর পর কতকগুলি অস্থায়ী ভূমিরেখা কিম্বা মধ্যরেখার সাহায্যে রেখা সমূহের দিক্ নির্ণয় হয় বলিয়াই যন্ত্র ব্যবহারে চুম্বকশলাকার বিশেষ আবশ্যক হয় না। শলাকা দ্বারা কেবল চৌম্বক মধ্যরেখা নির্দ্দিষ্ট হয়। মুক্তশলাকা দ্বারা জরিপে জরিপকারীর ব্যক্তিগত কার্য্যনিপুণতার উপর সূক্ষ্ম কার্য্য বহুল পরিমাণে নির্ভর করে বলিয়া বদ্ধশলাকা দ্বারা জরিপ উৎকৃষ্টতর। বহুদর্শী জরিপকারীর পক্ষেও চুম্বকশলাকা ব্যবহার করিয়া এক ডিগ্রির অষ্টমাংশ অর্থাৎ ৭ $\frac{১}{২}$ মিনিট পর্য্যন্ত সূক্ষ্মভাবে

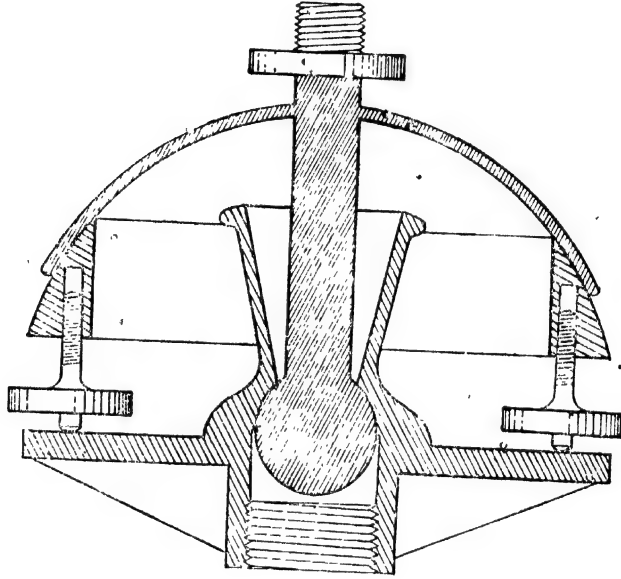
বদ্ধশলাকাযুক্ত কম্পাস (fixed needle compass)।

* এবম্বিধ কর্ত্তন করাকে বদ্ধশলাকা দ্বারা জরিপে ইংরাজীতে back sight এবং মুক্তশলাকা দ্বারা জরিপে check sight বলে।

বিয়ারিং পাঠ করা আয়াসসাধ্য। যদিও সূক্ষ্মতর পাঠ লওয়া যাইতে পারে কিন্তু পরবর্ত্তী অধ্যায়ে জানা যাইবে যে, শলাকার বলনের দৈনিক পরিবর্ত্তন (variation) সংশোধন না করিলে ঈদৃশ পাঠ লওয়া বৃথা। কিন্তু বদ্ধশলাকা দ্বারা জরিপ ব্যক্তিগত কার্য্যকুশলতার উপর কম নির্ভর করে। এই জরিপে কোণ সমূহ অনেকটা আপনা হইতেই (mechanically) পরিমিত হয়; এবং কোণের পাঠ তিন মিনিট এবং যন্ত্র বিশেষে এক মিনিট পর্য্যন্ত পাওয়া যায়।

৫৯ চিত্র—ডেভিসের ভার্ণিয়ারযুক্ত কম্পাস, ইহাতে দৰবীক্ষণ এব প্রবণতা মাপক বৃত্তাকার ডায়াল আছে।

সাধারণ খনির ডায়াল অপেক্ষা যে কম্পাসযোগে বদ্ধশলাকাজরিপ করা হয় তাহার নির্ম্মাণকৌশল জটিল। ৫৯ম চিত্র দেখ। ইহাতে বৃত্তপাদে বিভক্ত বৃত্ত আছে। বৃত্তের উপর একটী চুম্বকশলাকা ঘুরে। অতএব এই যন্ত্র কতকটা খনির ডায়াল সদৃশ। বদ্ধশলাকাযুক্ত কম্পাসে আরও একটী বিভক্ত বৃত্ত আছে। এই শেষোক্ত বৃত্ত কখনও ডায়ালের ভিতরে কাচের ঢাক্‌না দ্বারা রক্ষিত হয়, আবার কোন কোন যন্ত্রে বাহিরে থাকে। বাহিরে থাকিলে বৃত্তের ব্যাস অধিক হইবে,

কাজেই পাঠ সূক্ষ্মতর হইবে। ইহা সরু স্তরে বিশেষ উপযোগী, কারণ কোণের পাঠ লইতে হইলে ডায়ালের উপর মস্তক লইয়া যাইতে হয় না। যন্ত্র এ প্রকারে নির্ম্মিত যে, তেপায়াতে বসাইয়া আবদ্ধ করিলে শেষোক্ত বৃত্ত স্থির থাকিবে; কিন্তু দৃষ্টিফলকের সহিত অবশিষ্ট ডায়াল অবাধে ঘুরিতে পারিবে। দৃষ্টিরেখা একস্থান হইতে ঘুরিতে আরম্ভ করিয়া উহার কতদূরে গিয়াছে তাহা নির্ণয় করিবার নিমিত্ত যে কোনও দৃষ্টিফলকের সাধারণতঃ ৪৫° তফাতে সুবিধামত স্থানে একটী সূচী (index) থাকে। কোণ মাপিবার সময় যন্ত্র বাঁধিয়া ধীরে ধীরে আবর্ত্তন করতঃ সঠিক স্থানে আনয়ন করিবার জন্য উহাতে সূক্ষ্মগতিদায়ক (fine-adjustment)

৬০ চিত্র—হফম্যানের জয়েন।

স্ক্রু কিম্বা স্পর্শনীস্ক্রু (tangent screw) থাকে। ভার্ণিয়ারের (vernier) সাহায্যে কোণের সূক্ষ্মতর পাঠ লওয়া যায়। উহার বিষয় পরে এই অধ্যায়ের মধ্যেই আলোচিত হইবে।

সকেট-জয়েন (socket joint.)

বল (ball) এবং সকেট-জয়েন (৫৮ম চিত্র) দ্বারা ডায়াল তেপায়ায় সংযুক্ত হয় বলিয়া উহাকে সহজে জলসম (level) করা যাইতে পারে। কোন কোন যন্ত্রে জলসম করিবার স্ক্রু (foot screw) থাকে। স্ক্রুর সাহায্যে কার্য্য করিতে অধিক সময় লাগে। সাধারণ বল এবং সকেট-জয়েনে বলের ব্যাস বৃহৎ নহে

বলিয়া উহার সহিত সকেটের সংযোগপৃষ্ঠ অল্প হয়। অতএব যন্ত্রকে আবদ্ধ করিলে বন্ধন তত দৃঢ় হয় না, এবং জয়েন শীঘ্র শিথিল হইয়া যায়। এই অসুবিধা নিবারণার্থ হফ্‌ম্যানের জয়েন (Hoffman joint) ব্যবহৃত হয়। ৬০ম চিত্র দেখ। ইহাতে একটী ফাঁপা গোলকের অংশ অন্য ঐরূপ একটী অংশের উপর পিছ্‌লাইয়া ঘুরে। বল এবং সকেটের মত এই উভয় গোলকের কেন্দ্র এক। ঘর্ষণপৃষ্ঠ বিস্তৃত এবং গোলকের ব্যাসার্দ্ধ লম্বা হওয়াতে গোলকদ্বয় ক্ল্যাম্প দ্বারা দৃঢ়রূপে আবদ্ধ হয়। হফ্‌ম্যানের জয়েন দ্বারা যন্ত্রকে মোটামুটি জলসম করা হয়; পরে স্ক্রুর সাহায্যে এই কার্য্য সূক্ষ্মভাবে সম্পাদিত হয়। অতএব এই উপায়ে যন্ত্রকে শীঘ্র জলসম করা যায়।

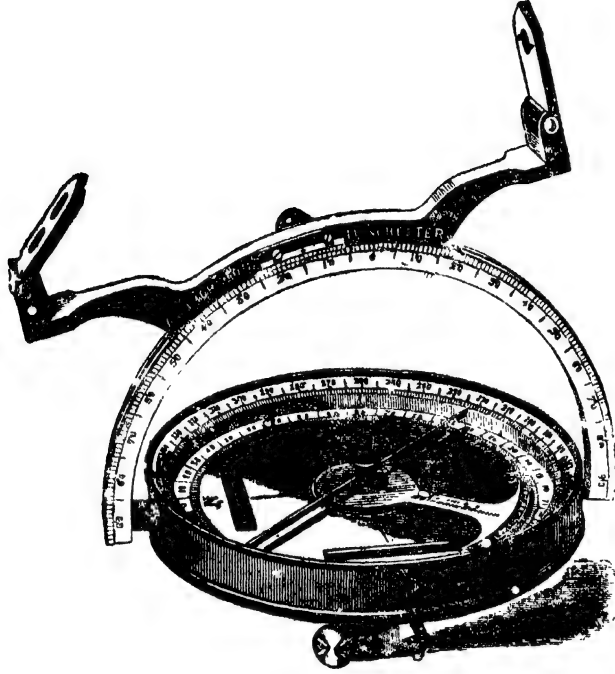
দূরবীক্ষণদৃষ্টিফলক (telescopic sights)।

কোন কোন যন্ত্র নির্ম্মাতা সাধারণ দৃষ্টিফলকের পরিবর্ত্তে দূরবীক্ষণ (৫৯ম চিত্র) সংযুক্ত করিয়া সূক্ষ্মকার্য্যোপযোগী যন্ত্র প্রস্তুত করেন। দূরবীক্ষণের সহিত একটী বুদ্‌বুদ্‌যুক্ত কাচের নল থাকাতে যন্ত্রকে যথাযথ জলসম করা যাইতে পারে। ঐরূপ করিতে হইলে বল এবং সকেট অপেক্ষা একটী দৃঢ় জয়েন ব্যবহার করা আবশ্যক। দূরবীক্ষণযুক্ত যন্ত্র দ্বারা সাধারণ জরিপকার্য্যে দূরে দেখা, বিভিন্ন স্থানের উচ্চাবচতা স্থির করা এবং ঢালু জায়গার প্রবণতাও মাপা যায়। এই প্রকারে ইহা বহুলাংশে থিয়োডোলাইটের কাজ করে; যদিও ঐ যন্ত্রের মত কাজ তত সূক্ষ্ম হয় না। কিন্তু সাদাসিধা ডায়াল অপেক্ষা দূরবীক্ষণযুক্ত ডায়ালকে একস্থান হইতে অন্যস্থানে বহন করা আয়াসসাধ্য, এবং ইহা দ্বারা কাজ করাও অসুবিধাজনক. অপিচ ইহা দামী। সুতরাং মোটের উপর ইহা নিজের সত্তা সমর্থন করে না। যেহেতু খনির জরিপে সূক্ষ্মতর কার্য্যে থিয়োডোলাইট আবশ্যক হয়, এবং অভ্যন্তরস্থ বিস্তারিত জরিপের নিমিত্ত (for filling in details) ও দৈনন্দিন কার্য্যের জন্য সাধারণ ডায়াল ব্যবহার করিলে কার্য্য দ্রুত সুসম্পন্ন হয়।

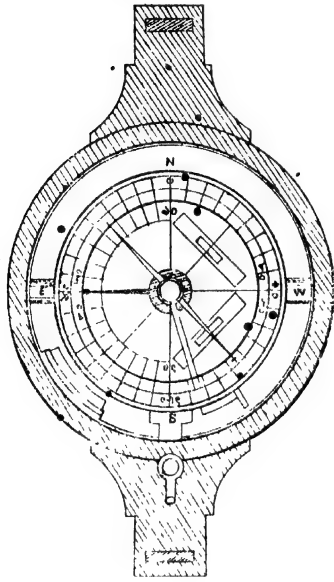
প্রবণতা (gradient)।

প্রবণভূমিতে জরিপ করিবার জন্য কতকগুলি ডায়ালে সুইভেল (swivel) সংযুক্ত থাকে। ৫৮ম এবং ৫৯ম চিত্র দেখ। প্রবণতা অত্যন্ত অধিক হইলে এবং সাধারণ আয়তাকার সরু ছিদ্রযুক্ত দৃষ্টিফলক দ্বারা কার্য্য না হইলে ঐ জয়েনের প্রয়োজন হয়। আরও সুইভেল থাকাতে যন্ত্রের সাহায্যে ক্ষিতিজতলের সহিত প্রবণভূমির অবনতির পরিমাণ নিরূপিত হয়। তন্নিমিত্ত দৃষ্টিফলকদ্বয়ের একটীতে উপনেত্রখণ্ড (eye piece) নামক ক্ষুদ্র ছিদ্র এবং অন্যটীতে ক্রুশ-চিহ্ন সদৃশ দুইটী বালামচী থাকে। উর্দ্ধাধঃ কোণ মাপিবার অংশের বিভিন্ন নির্ম্মাণ কৌশল দেখা যায়। ৬১ম চিত্রে একটী সহজ কৌশল প্রদর্শিত হইল। ইহাতে দৃষ্টি-

ফলক যে ফ্রেমে আবদ্ধ থাকে তাহাতে ডিগ্রি ইত্যাদিতে বিভক্ত অর্দ্ধবৃত্ত সংযুক্ত হয়। একটী ভার্ণিয়ার দৃষ্টিফলকের সহিত সংলগ্ন থাকে। অতএব দৃষ্টি-রেখার অবনতি সোজাসুজি অর্দ্ধবৃত্তে পড়া যায়। যন্ত্র ব্যবহার করিবার সময়

৬: চিত্র - খণ্টনের ডায়াল, ইহাতে প্রবণতা মাপক অর্দ্ধবৃত্ত সংযুক্ত আছে।

কিম্বা খনির ভিতরে উহাকে একস্থান হইতে অন্যস্থানে বহন করিতে হইলে যন্ত্রের এই অংশ সহজেই ভাঙ্গিয়া যাইতে পারে। এই যন্ত্র ব্যবহারে ইহাই অসুবিধা।

ডেভিসের কৌশল সহজে ভগ্ন হয় না। ইহার দৃষ্টিফলকযুক্ত ফ্রেম (৫৯ম চিত্র) একটী কাঁটার সহিত গীয়ার (gear) করা। কাঁটা কাচ দ্বারা সুরক্ষিত ছোট গোল ফ্রেমের উপর ঘূরে। ইহাতে কেবল ডিগ্রি জ্ঞাপন করে না, অপিচ কত ফুট ক্ষিতিজতলে যাইয়া কতদূর উর্দ্ধাধঃ তলে নামিলে পুনরায় ঐ ঢাল পাওয়া যাইবে. ইহা দ্বারা এই ভাবেও ঢালু জায়গার প্রবণতা মাপা যায়; যথা ১৫ তে ১ ইত্যাদি। ফ্রেম এইরূপে গীয়ার করা থাকে যে, দৃষ্টিরেখা যতদূর সরিবে কাঁটা তাহার দ্বিগুণ ঘুরিবে, অতএব অনেকটা নির্ভুল পাঠ পাওয়া যাইবে।

৬২ম চিত্রে অন্য কৌশল প্রদত্ত হইল। ইহা ওডোনাহিউ (O'Donahue) উদ্ভাবন করিয়াছেন। ইহার কাঁটা ডায়ালের ভিতর থাকে, সুতরাং আরও সুরক্ষিত। কাঁটা শলাকার সহিত সমকেন্দ্রে ঘুরে। ডায়ালের তলার প্লেটে একটী বিভক্ত বৃত্ত থাকে, এবং কাঁটাটী এইরূপে গীয়ার করা যে, দৃষ্টিরেখা যতদূর সরিবে কাঁটাও সেই পরিমাণ ঘুরিবে।

৬২ চিত্র — ওডোনাহিউয়ের কৌশল।

থিয়োডোলাইট (theodolite)।

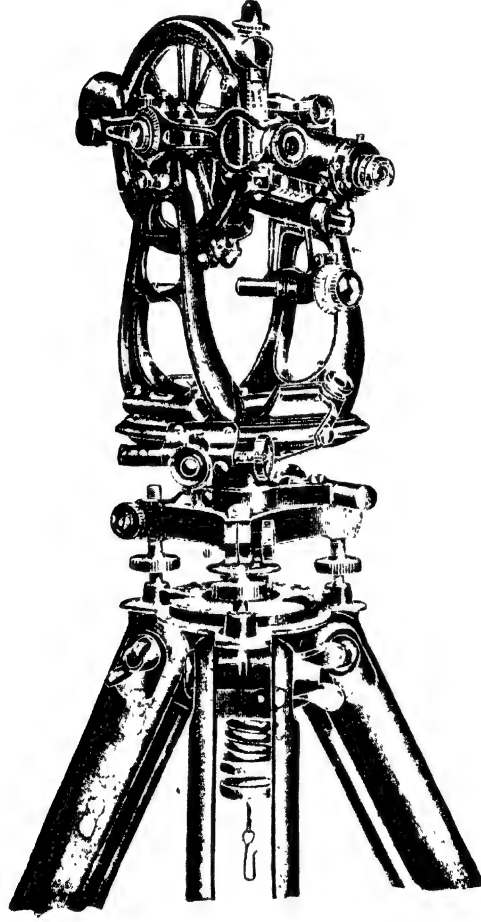
ক্ষিতিজতলগত এবং উৰ্দ্ধাধঃ কোণ উভয়কেই সূক্ষ্মভাবে মাপ করিবার জন্য থিয়োডোলাইট নামক যন্ত্র নির্ম্মিত হইয়াছে। বদ্ধশলাকাযন্ত্রে ক্ষিতিজতলগত ধনুঃ (অথবা কোণ) তিন মিনিট এবং উৰ্দ্ধাধঃ কোণ সম্ভবতঃ সিকি ডিগ্রি পর্য্যন্ত মাপা যায়। কিন্তু থিয়োডোলাইটে উভয় তলেই ২০ সেকেণ্ড পর্য্যন্ত পড়িতে পারা যায়। যন্ত্রের ব্যবহার স্বভাবতঃই জটিল, এবং কোণ মাপিতে ডায়াল অপেক্ষা ইহাতে অধিক সময় লাগে। ইহাতে বদ্ধ করিবার (clamping) এবং সূক্ষ্মগতিদায়ক স্ক্রুর সংখ্যাও অধিক। একটী আধুনিক থিয়োডোলাইট (৬৩ম এবং ১২১ম চিত্র) নিম্নে বর্ণিত হইল :—

১। যন্ত্রের নিম্ন অংশস্থিত একটী প্লেট (sliding base plate)। প্লেটটী এক ইঞ্চি জায়গা লইয়া চারিদিকে পিছলাইয়া সরিতে পারে। ইহা থাকাতে ওলনরসির (plumb line) সাহায্যে যন্ত্রকে ষ্টেসন্* চিহ্নের উপর যথাযথ শীঘ্র বসান যায়, অবশ্য প্রথমে তেপায়া দ্বারা মোটামুটি বসাইতে হইবে। সচরাচর জমিতে খুঁটা (peg) পুতিয়া তাহাতে ক্রুশ-চিহ্নের মত দুইটি রেখা টানিয়া ষ্টেসন্ চিহ্নিত করা হয়। যন্ত্র চিহ্নের উপর ঠিক আসিলে প্লেটকে আবদ্ধ করিয়া দেওয়া হয়।

২। জলসম করিবার পাদস্ক্রু সমূহ (foot screws)। এইগুলি দ্বারা চক্রবালীয় বৃত্তকে (horizontal circle) জলসম করা হয়।

৩। চক্রবালীয় বৃত্তকে নিম্নাংশস্থিত প্লেটের সহিত আবদ্ধ করিবার স্ক্রু (clamping screw)। শূন্যরেখাকে যথাস্থানে আনয়ন করিবার জন্য একটী সূক্ষ্মগতিদায়ক স্ক্রু পূর্ব্বোক্ত স্ক্রুর সংযোগে কার্য্য করে।

* যে দুই রেখার জরিপ আবশ্যক তাহাদের সংযোগ বিন্দুকে জরিপ বিদ্যায় ইংরাজীতে station বলে।

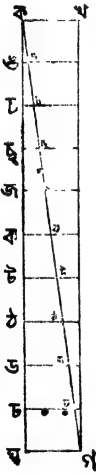
৪। চক্রবালীয় বৃত্তের সহিত তীরচিহ্নযুক্ত ভার্ণিয়ারকে আবদ্ধ করিবার স্ক্রু। দৃষ্টিরেখা শূন্যরেখা হইতে অর্থাৎ ০° এবং ১৮০° যোগ করিয়া যে রেখা হয় তাহা হইতে কত তফাতে গিয়াছে সঠিক পরিমাণ করিবার নিমিত্ত একটী সূক্ষ্মগতিদায়ক স্ক্রু ঐ স্ক্রুর সংযোগে কার্য্য করে।

৬৯ চিত্র—ট্রোটনের থিয়োডোলাইট।

৫। উদ্ধাধঃ বৃত্ত ও তাহার স্ক্রু। উদ্ধাধঃ বৃত্তের (vertical circle) শূন্যরেখাকে চক্রবালীয় বৃত্তের সমান্তরালে রাখিবার জন্য একটী সূক্ষ্মগতিদায়ক স্ক্রু আছে। দূরবীণে সংযুক্ত বুদ্বুদযুক্ত নলের সাহায্যে এই কার্য্য করা হয়।

৬। উৰ্দ্ধাধঃ ভার্ণিয়ার ও তাহার স্ক্রু। এই স্ক্রু দ্বারা তীরচিহ্নযুক্ত উৰ্দ্ধাধঃ ভার্ণিয়ারকে উৰ্দ্ধাধঃ বৃত্তের সহিত আবদ্ধ করা হয়। ইহাতেও সূক্ষ্মগতিদায়ক স্ক্রু আছে। ঐ বৃত্তের ও ভার্ণিয়ারের সাহায্যে ঢালের জরিপ, বিভিন্ন স্থানের উচ্চাবচতা এবং জ্যোতিষ্কদিগের উচ্চতা পরিমিত হয়।

চক্রবালীয় এবং উৰ্দ্ধাধঃ এই উভয় বৃত্তের প্রত্যেকটীর সহিত সাধারণতঃ দুইটী করিয়া ভার্ণিয়ার থাকে। ইহারা ১৮০° দূরে অবস্থিত। চক্রবালীয় বৃত্তে পাঠ লইবার সময় যে ভার্ণিয়ারের তীরচিহ্ন প্রথমে শূন্যেতে ছিল তাহাতেই পাঠ লইতে হইবে। এরূপ করিতে যেন ভুল না হয়। অন্য ভার্ণিয়ারের পাঠে ১৮০° পার্থক্য দৃষ্ট হইবে। ভার্ণিয়ার পাঠ করিবার জন্য অংশুল বাহুতে (radiating arms) অনুবীক্ষণ সংযুক্ত আছে, কারণ উহাদের, বিশেষতঃ ৫ ইঞ্চি যন্ত্রের, ভাগরেখা (line of division) সমূহ অত্যন্ত সূক্ষ্ম।

কর্ণমানদণ্ড (diagonal scale)।

খনির জরিপকারীগণ কর্ত্তৃক ব্যবহৃত রেখামানদণ্ড দ্বারা (linear scale), সচরাচর এক শিকল কিম্বা উহার দশমাংশ অর্থাৎ ১০ লিঙ্ক সূচিত হয়। অধিকাংশ সময়ে ১ শিকল =১ ইঞ্চি এবং ১ শিকল = ½ ইঞ্চি ঈদৃশ মানদণ্ডদ্বয় ব্যবহৃত হয়। অন্যান্য মানদণ্ড বিশেষ কার্য্যের জন্য কখন কখন আবশ্যক হয়। সাধারণতঃ উহাদের ক্ষুদ্রতম ভাগগুলি ১০ লিঙ্ক প্রকাশ করে। মধ্যবর্ত্তী লিঙ্ক সকলের অর্থাৎ ১, ২, ৩ ইত্যাদি এবং ১১, ১২ ইত্যাদি লিঙ্কের দৈর্ঘ্য জরিপকারী অভ্যাস ও দক্ষতার সহিত অনুমান করিতে পারিবেন। মানদণ্ড দেখিবার সময় চক্ষু এমন স্থানে রাখা আবশ্যক যে, দৃষ্টিরেখা দণ্ডের সহিত লম্বভাবে থাকে; তাহা হইলে স্থিতি বৈলক্ষণ্য জনিত ভ্রম (parallax error) হইবে না। জরিপকারী কিম্বা এন্‌জিনিয়ার যাহাতে কর্কটের (divider) সাহায্যে সূক্ষ্মভাবে ক্ষুদ্র মাপ লইতে পারেন, তন্নিমিত্ত কর্ণমানদণ্ড উদ্ভাবিত হইয়াছে। সদৃশ ত্রিভুজ হইতে এই মানের উৎপত্তি। ৬৪ম চিত্রে ইহার ব্যাখ্যা করা হইয়াছে।

ক খ ঙ চ ছ জ ঝ ট ঠ ড ঢ ঘ গ

৬৪ চিত্র।

কঘ রেখা দেওয়া আছে, এবং অন্য একটী রেখা কখ উহার সহিত লম্বভাবে রহিয়াছে। কঘ হইতে সুবিধামত অংশ কর্ত্তন করিয়া ঙ, চ, ছ, জ ইত্যাদি বিন্দু দ্বারা উহাকে দশটা (প্রয়োজনানুসারে অন্য সংখ্যাও লওয়া যাইতে পারে) সমান অংশে বিভাগ কর।

কঘগখ আয়ত সম্পূর্ণ কর, এবং কগ যোগ কর। ঘগ এর সমান্তরালে ঙঙ, চচ, ছছ ইত্যাদি রেখা টান। কঘ তে যে কোন বিন্দু, যথা জ লইলে

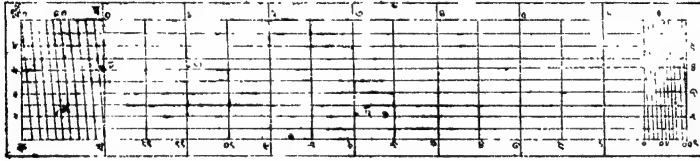
সদৃশ ত্রিভুজ হইতে

$$\frac{কজ}{কঘ} = \frac{জঝ}{ঘগ}$$

কিন্তু কঘএর দশ ভাগের মধ্যে চতুর্থ ভাগে জ বিন্দু আছে,

$$\text{অতএব } \frac{৪}{১০} = \frac{জঝ}{ঘগ}$$

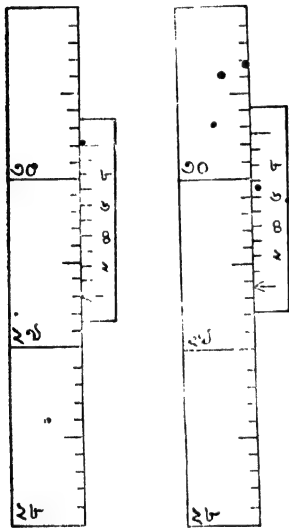
∴ জঝ ঘগএর চতুর্দ্দশমাংশ।
সাদৃশ্যতঃ অন্য বিন্দুতেও ঐরূপ হইবে. যথা
ঠঠ ঘগ এর সপ্তদশমাংশ.
ঢঢ ঘগ এর নবদশমাংশ.
ইত্যাদি।
আরও কখ=ঘগ
এইরূপে যদি কখ এক ইঞ্চির দশমাংশের সমান হয়, তবে
জঝ =এক ইঞ্চির চতুঃশততমাংশ.
ঠঠ = এক ইঞ্চির সপ্তশততমাংশ.
ইত্যাদি।

এই রীত্যনুসারে কর্ণমানদণ্ড এবং জরিপকারীর রেখামানদণ্ড (যাহা কেবল এক শিকলের দশমাংশ প্রকাশ করে) এই উভয়ের সংযোগে এক লিঙ্ক অর্থাৎ এক শিকলের শততমাংশ পাঠ ও নক্সা করা যায়।

৬৫ চিত্র—কর্ণমানদণ্ড।

৬৫ম চিত্রে একটী কর্ণমানদণ্ড প্রদর্শিত হইল। উহার এক প্রান্তে এক শিকলে এক ইঞ্চি এবং অন্য প্রান্তে দুই শিকলে এক ইঞ্চি মান অঙ্কিত হইয়াছে। কখ এবং গঘ ইঞ্চি দশটী সমান ভাগে বিভক্ত. এবং বিভক্ত বিন্দু সমূহ চিত্রে প্রদর্শিতভাবে কোণাকোণী যোগ করা হইয়াছে। ঐ কোণাকোণী সংযুক্ত রেখা সমূহ, খঘ এবং কগকে দশ ভাগে বিভক্ত করিয়া যে সকল সমান্তরাল ও সমদূরবর্ত্তী রেখা টানা হইয়াছে, তাহাদিগকে কর্ত্তন করিয়াছে। কিছুক্ষণ চিন্তা করিলেই ছাত্রেরা ইহার ব্যবহার বুঝিতে পারিবে। যথা ১ শিকল=১ ইঞ্চি মান হইতে ১০৬ লিঙ্ক মাপিতে হইলে কর্কটের

অগ্রদ্বয় ঙ এবং চ বিন্দুতে রাখিতে হইবে। ৩৬১ লিঙ্ক মাপিতে হইলে কর্কট ছ হইতে জ পর্য্যন্ত প্রসারিত করিতে হইবে।

ভার্ণিয়ার (vernier)।

কর্ণমানদণ্ডে যত ক্ষুদ্র মাপ পাওয়া যায় ভার্ণিয়ার-উদ্ভাবিত প্রণালীর সাহায্যেও তাদৃশ ক্ষুদ্র মাপ পাওয়া যাইতে পারে। ইহা কর্ণমান অপেক্ষা এক পক্ষে সুবিধাজনক, কারণ ইহাতে কর্কটের আবশ্যক হয় না। পরন্তু চক্ষু দ্বারা ইহাকে সোজাসুজি পড়া যায়। অপিচ বৃত্তের ধনুতেও ভার্ণিয়ার অঙ্কিত করিয়া তুলারূপ সুবিধামত পাঠ করা যায়; এবং ডায়াল ও থিয়োডোলাইটে ব্যবহার হয় বলিয়া ভার্ণিয়ার মান জরিপকারীর নিকট অত্যন্ত মূল্যবান। ভার্ণিয়ারের অঙ্কন-ক্রম এইরূপ :—

৬৬ চিত্র।

মূল মান (main scale) হইতে ন − ১ ভাগ লও।

ঐ পরিমাণ লম্বা একটী ভার্ণিয়ার অর্থাৎ সহকারিমান (subsidiary) আঁক, এবং তাহাকে ন ভাগ কর।

তাহা হইলে সহকারিমানের প্রত্যেক ভাগ মূলের প্রত্যেক ভাগের $\frac{ন-১}{ন}$ অংশ হইবে।

অতএব যদি মূল মানের প্রত্যেক ভাগকে ক বলা হয়, তবে উহার এক ভাগের সহিত সহকারিমানের এক ভাগের বিয়োগফল

$$= ক - \frac{ক(ন-১)}{ন}$$

$$= \frac{কন - কন + ক}{ন}$$

$$= \frac{ক}{ন}$$

এখন ভার্ণিয়ার মূল মানের পার্শ্বে রাখিয়া উহার শূন্যরেখা মূলের যে কোন ভাগরেখার সহিত মিলান হইল।

যদি ভার্ণিয়ারমান (সহকারিমান) $\frac{ক}{ন}$ দূর পর্য্যন্ত আগে সরান যায়,

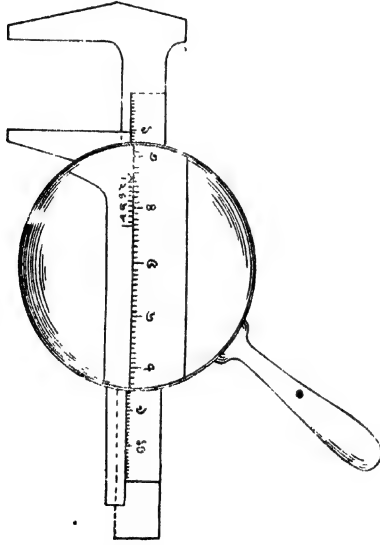
তবে পরবর্ত্তী অর্থাৎ এক নম্বর ভাগরেখা মূল মানের পরবর্ত্তী রেখার সহিত মিলিত হইবে।

আরও $\frac{ক}{ন}$ দূর অগ্রে সরাইলে ভার্ণিয়ারের দ্বিতীয় রেখা মূলের দ্বিতীয় রেখায় মিলিবে।

ইত্যাদি।

অতএব ভার্ণিয়ারের সপ্তম রেখা মূল মানের কোনও রেখার সহিত মিলিত হইলে আমরা বুঝিতে পারি. ভার্ণিয়ারের শূন্যরেখা মূলের যে শেষ রেখাকে অতিক্রম করিয়া আসিয়াছে তাহা হইতে $৭ \times \frac{ক}{ন}$ দূরে আছে। এই মূল তত্ত্ব কিরূপে কার্য্যে ব্যবহৃত হয়. তাহা ছাত্রেরা কয়েকটী উদাহরণ আলোচনা করিলেই বুঝিতে পারিবে।

৬৬ম চিত্রে বায়ুচাপমানযন্ত্রে (barometer) ব্যবহৃত সর্ব্বাপেক্ষা সরল ঋজু ভার্ণিয়ার প্রদর্শিত হইয়াছে।

যন্ত্রে মূল মানের $\frac{৯}{১০}$ ইঞ্চিকে ভার্ণিয়ারে দশটী সমভাগ করিয়া উহাতে ১ হইতে ১০ লিখিত হইয়াছে।

(ক) চিত্রে ভার্ণিয়ারের শূন্য-রেখা মূলের ২৯ ইঞ্চির পরে তৃতীয় রেখার সহিত মিলিয়াছে। অতএব ইহার পাঠ ২৯.৩০ ইঞ্চি।

(খ) চিত্রে শূন্যরেখা আরও সরিয়া গিয়াছে কিন্তু ২৯.৪০ পর্য্যন্ত নহে।

পরীক্ষা করিলে দেখা যায়, ভার্ণিয়ারের ষষ্ঠ ভাগরেখা মূল মানের কোন এক রেখার সহিত মিলিয়াছে।

অতএব (খ) চিত্রের পাঠ ২৯.৩৬ ইঞ্চি।

৬৭ চিত্র।

৬৭ম চিত্রে এন্‌জিনিয়ারের স্বল্প-দূরতা পরিমাপক যন্ত্রে (micro-meter gauge) ব্যবহৃত ঐরূপ আর একটী ভার্ণিয়ার দেখান হইল। ইহার ভাগরেখা সমূহ এক মিলিমিটার (এক ইঞ্চির দশমাংশ অপেক্ষা অনেক ক্ষুদ্র) দূরে আছে; কিন্তু বায়ুচাপমানযন্ত্রস্থিত ভার্ণিয়ার যেরূপে পাঠ করিতে হয় ইহার ভার্ণিয়ারও সেইরূপে পাঠ করিতে হয়।

ডায়াল এবং থিয়োডোলাইটের ভার্ণিয়ার অবশ্য ধনুকাকৃতি হইবে। ডায়ালের চক্রবালীয় বৃত্ত ডিগ্রিতে বিভক্ত। অতএব ভার্ণিয়ারে এক মিনিট পাঠ পাইতে হইলে ৫৯° ডিগ্রি লম্বা ধনুঃ লইয়া উহাকে ৬০টী সমভাগ করিতে হইবে।

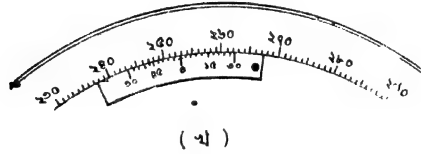
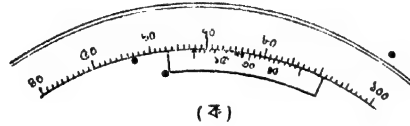
ভার্ণিয়ারের প্রত্যেক ভাগরেখা পর পর মূল মানের সম্মুখে আসিলে উহা $\frac{১}{৬০}$ ডিগ্রি অর্থাৎ এক মিনিট করিয়া সরিবে।

এত লম্বা ভার্ণিয়ার প্রস্তুত করা অসুবিধাজনক, কারণ উহা বিভক্ত বৃত্তের অনেকখানি স্থান ব্যাপিয়া থাকিবে।

অতএব সচরাচর ডায়ালে ১৯° লম্বা ধনুকে ১০ ভাগ করিয়া ভার্ণিয়ার অঙ্কিত হয়।

তাহা হইলে ভার্ণিয়ারে ভাগ সমূহ $\frac{১}{২০}$ ডিগ্রি অর্থাৎ তিন মিনিট করিয়া বৃদ্ধি প্রকাশ করিবে।

(ক)

(খ)

৬৮ চিত্র।

সেই হেতু ঐ প্রকার ডায়ালে "৩ মিনিট পাঠ দেয়" এইরূপ বলা হয়।

৬৮ম (ক) চিত্রে খনির ডায়ালে ব্যবহৃত একটী সরল ভার্ণিয়ার প্রদর্শিত হইল। পাঠের সুবিধার জন্য প্রত্যেক পঞ্চম ভাগে অঙ্ক লিখিত আছে, এবং প্রত্যেক ভাগ তিন মিনিটের বৃদ্ধি প্রকাশ করে বলিয়া লিখিত অঙ্কগুলি ১৫, ৩০, ৪৫ এবং ৬০ (কিম্বা শূন্য) মিনিট হইবে। চিত্রে ভার্ণিয়ারের পাঠ ৬৭° ৩৯'।

৬৮ম (খ) চিত্রে অন্য কৌশল দেখান হইল; ইহার শূন্যরেখা ভার্ণিয়ারের মধ্যস্থলে আছে, এবং ইহার নির্ম্মাণেও কিয়ৎপরিমাণ নিপুণতা দেখা যায়। ছাত্রেরা ইহা পাঠ করিবে।

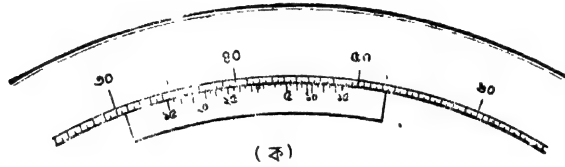
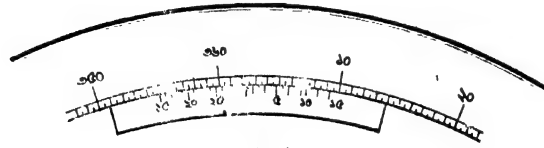
ভার্ণিয়ারে এক মিনিট পড়িতে হইলে প্রত্যেক ডিগ্রিকে দুইটী সমানভাগ করিতে হইবে; অতএব মূল মানের ভাগরেখা $\frac{১}{২}$ ডিগ্রি নির্দ্দেশ করিবে।

ডায়ালে এইরূপ ভার্ণিয়ার বিরল। প্রায় সমস্তই তিন মিনিট পাঠ দেয়, কিন্তু অধিকাংশ কোণঅঙ্কনযন্ত্র (protractor) দ্বারা এক মিনিট কোণ অঙ্কিত হয়।

এই প্রকার ভার্ণিয়ারের ধনুঃ মূল মানের ২৯ ভাগের সমান লম্বা। উহাকে ৩০টী সমান অংশে বিভক্ত করা হয়। অতএব ভার্ণিয়ারের প্রত্যেক ভাগরেখা পর পর ক্রমশঃ অর্দ্ধ ডিগ্রির $\frac{১}{৩০}$ অংশ অর্থাৎ এক মিনিট বৃদ্ধি প্রকাশ করে।

তাদৃশ ভার্ণিয়ার পাঠ করিতে হইলে সূচীজ্ঞাপক তীরটী অর্দ্ধ ডিগ্রির ভাগরেখা অতিক্রম করিয়াছে কি না লক্ষ্য করিবে। তীর ঐ ভাগরেখা অতিক্রম না করিলে পাঠ ৩০ মিনিটের কম হইবে, এবং যদি করে, তবে পঠিত অঙ্কে ৩০ মিনিট যোগ করিতে হইবে।

(ক)

(খ)

৬৯ চিত্র।

৬৯ম (ক) চিত্রে ঐরূপ ভার্ণিয়ার দেখান হইল। উহার পাঠ ৪১° ৩৭′।
(খ) চিত্রের ভার্ণিয়ার ছাত্রেরা পাঠ করিবে।

কতকগুলি পুরাতন থিয়োডোলাইটের ভার্ণিয়ার এক মিনিট পাঠ দেয়, কিন্তু প্রায় সমস্ত নূতন যন্ত্রে আরও ক্ষুদ্র কোণের, সাধারণতঃ ২০ সেকেণ্ড পর্য্যন্ত, পাঠ পাওয়া যায়।

২০ সেকেণ্ড পাঠ পাইবার জন্য ভার্ণিয়ার প্রস্তুত করিতে হইলে মূল মানের এক ডিগ্রিকে তিন ভাগ করিবে। অতএব প্রত্যেক ভাগ ২০ মিনিট হইবে।

ঐ প্রকার ৫৯ ভাগের সমান ভার্ণিয়ারের ধনুঃ লইয়া ৬০টী সমভাগ করিবে।

অতএব ভার্ণিয়ারের প্রত্যেক ভাগ ২০ মিমিটের $\frac{১}{৬০}$ অংশ অর্থাৎ ২০ সেকেণ্ড বৃদ্ধি প্রকাশ করিবে।

পাঠের সময় ভার্ণিয়ারের তীরটী ডিগ্রির কোন্ অংশে আছে লক্ষ্য করিবে। যদি উহা দ্বিতীয় ভাগরেখাকে ছাড়াইয়া যায় তবে পাঠে ৪০ মিনিট যোগ করিবে, এবং প্রথম ও দ্বিতীয় ভাগরেখার মধ্যে থাকিলে ১০ মিনিট যোগ করিবে।

৭০ম চিত্রে থিয়োডোলাইটের ভার্ণিয়ার বৰ্দ্ধিত করিয়া অঙ্কিত হইয়াছে। (ক) চিত্রের পাঠ ১৯° ১৫′ ২০″। (খ) চিত্র ছাত্রেরা পাঠ করিবে। থিয়োডোলাইটে অনুবীক্ষণ দ্বারা ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিভাগ সমূহ পাঠ করা প্রথমে অসুবিধাজনক। ছাত্রেরা অনুবীক্ষণ দ্বারা ভাগরেখা পাঠ করিবার অভ্যাস করিবে।

(ক)

(খ)

চিত্র।

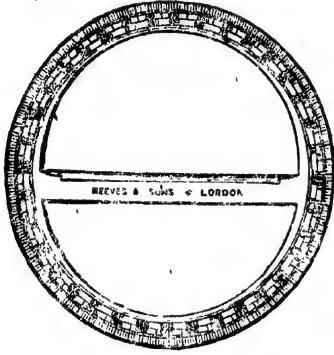
কোণ অঙ্কনযন্ত্র (protractor)।

ভূপৃষ্ঠে কিম্বা খনির ভিতরে যে সকল কোণ মাপিয়া পুস্তকে লিখিত হয় তাহাদিগকে কোণ-অঙ্কনযন্ত্রযোগে নক্সায় অঙ্কিত করা যায়। ঐ যন্ত্র কোণ সূচিত করে, এবং ইহার কেন্দ্র যে কোন নির্দ্দিষ্ট বিন্দুতে ও শূন্যরেখা কোন নির্দ্দিষ্ট দিকে স্থাপন করা যায়। উত্তম যন্ত্রে শীঘ্র শীঘ্র নির্ভুল কাজ হয়, এবং অতিক্ষুদ্র কোণও অঙ্কিত করা যায়।

কোণঅঙ্কনযন্ত্রের নানা আকৃতি, এবং আয়তনও বিভিন্ন। উহারা ধাতু নির্ম্মিত। কাষ্ঠের কিম্বা গজদন্তের আয়তাকার যন্ত্রে নানাবিধ মান অঙ্কিত থাকে, এবং উহা নক্সা করিবার সাধারণ যন্ত্রের বাক্সে দেখিতে পাওয়া যায়। ঐ যন্ত্রের সহিত সকলেই পরিচিত; কিম্বা ক্ষুদ্র অৰ্দ্ধ বৃত্তাকার কোণঅঙ্কনযন্ত্রের বিষয় সকলেই জানে। ইহাতে এক ডিগ্রিমাত্র পাঠ পাওয়া যায়। কাজেই খনিজরিপকারীর কোন কাজে লাগে না। কারণ উহাদিগকে যথাযথ বসান যায় না, কিম্বা উহাদের সাহায্যে কোণ সূক্ষ্মরূপে অঙ্কিত হয় না। উহাদের ব্যাস ক্ষুদ্র, অতএব উহারা কার্য্যোপযোগী নহে।

বৃত্তাকার কোণঅঙ্কনযন্ত্র উৎকৃষ্টতর। খনির সাধারণ কার্য্যের মত উহার ব্যবহারই প্রশস্ত। ইহাতে কাজ বহুল পরিমাণে সূক্ষ্ম হয়। ইহা সস্তা,

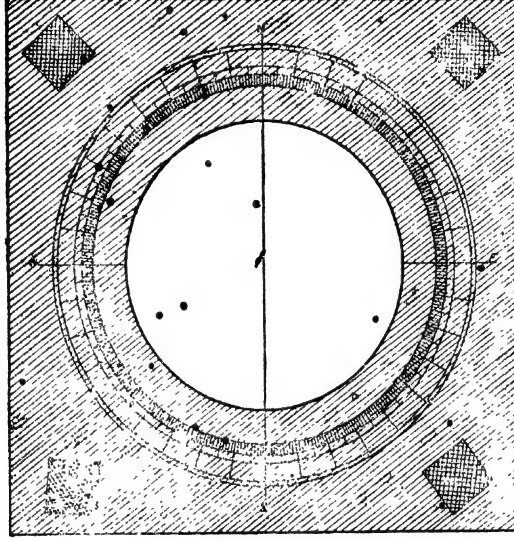
এবং প্রয়োজনীয়। ইহারা সেলুলইড, কার্ডবোর্ড, পিতল কিম্বা ইলেক্ট্রাম ধাতু নির্ম্মিত, এবং ইহাদের বিভক্ত বৃত্তের ব্যাস ৬ হইতে ৮ ইঞ্চি। বৃত্ত বৃহৎ বলিয়া কাজও সূক্ষ্ম হয়।

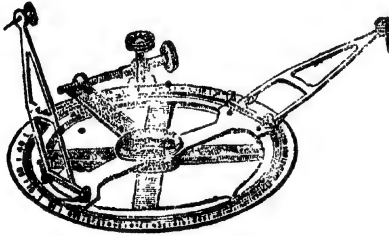
৭১ম এবং ৭২ম চিত্রে বৃত্তাকার কোণঅঙ্কনযন্ত্র দেওয়া হইল। প্রথম চিত্রে যন্ত্রের ব্যাস দেওয়া আছে। উহা দ্বারা সহজেই যন্ত্রকে উৎপত্তি বিন্দুতে (origin) অর্থাৎ যে বিন্দুর চতুর্দ্দিকে সমস্ত কোণের দাগ রাখিতে হইবে তাহাতে বসান যায়। দ্বিতীয় চিত্রের যন্ত্রে মধ্যভাগ সম্পূর্ণ উন্মুক্ত, অতএব নক্সা দ্রুত ও সঠিক অঙ্কিত হয়। কিন্তু ঐ যন্ত্রটী বসাইতে হইলে দুইটী রেখা টানিতে হইবে, একটা ০°—১৮০° এবং অন্যটী ৯০°—২৭০°। এই রেখাদ্বয়ে যন্ত্র যথাযথ স্থাপন করিলে উৎপত্তি বিন্দু যন্ত্রের কেন্দ্রের সহিত নিশ্চয়ই মিলিয়া যাইবে। ৭২ম চিত্রে যন্ত্র ০°—১৮০° রেখায় বসান হইয়াছে।

৭১ চিত্র—পিতল নির্ম্মিত বৃত্তাকার কোণঅঙ্কন-যন্ত্র: উহাতে কেন্দ্রবিন্দু আছে।

যন্ত্রে কোণ নানারূপে লিখিত থাকে। চুম্বকশলাকা দ্বারা জরিপ নক্সা করিতে কখন উহাদিগকে বৃত্ত-পাদে বিভক্ত করিয়া প্রত্যেক পাদে ০° হইতে ৯০° পর্য্যন্ত লিখিত হয়; আবার কোন যন্ত্রে ০° হইতে আরম্ভ করিয়া দক্ষিণে কিম্বা বামে কিম্বা উভয় দিকেই ৩৬০° পর্য্যন্ত অঙ্কিত থাকে। অথবা কোন যন্ত্রে তিন প্রকারেই অঙ্কিত হয়। বৃহৎ যন্ত্রের ডিগ্রি বড় রেখা, অর্দ্ধ ডিগ্রি ছোট রেখা এবং সিকি ডিগ্রি বিন্দু দ্বারা সূচিত হয়। অতএব এই যন্ত্রের সাহায্যে ডিগ্রির অষ্টমাংশ কিম্বা উহার ব্যবহারে অভ্যস্থ হইলে আরও ক্ষুদ্র কোণ অত্যন্ত সূক্ষ্মরূপে অঙ্কিত করা যাইতে পারে।

সমরেখাকর্ষণ (parallel ruler) সর্ব্বদা যন্ত্রের সঙ্গে সঙ্গে ব্যবহৃত হয়। যেস্থানে নক্সা করিতে হইবে সেইস্থানে কার্ডবোর্ড কিম্বা সেলুলইড নির্ম্মিত বৃত্তাকার কোণঅঙ্কনযন্ত্র বসান থাকিলেও উহার উপর সমরেখাকর্ষণ স্থাপন করা চলে। অন্য যন্ত্র ব্যবহার করিলে উৎপত্তি বিন্দু যথাস্থানে অঙ্কিত করিতে হইবে, এবং কোণ সমূহের চিহ্ন রাখিয়া যন্ত্র উঠাইয়া লইলে তবে সমরেখাকর্ষণ ব্যবহার করা যাইবে।

কোন এক স্থানের জরিপকার্য্য নক্সা করিবার সময় যদি কোণ সমূহ অঙ্কন করিতে হয়, তবে নক্সার এক ষ্টেসন্ হইতে আর এক ষ্টেসনে ও এক মধ্যরেখা হইতে আর এক মধ্যরেখায় যন্ত্র সরাইয়া না লইয়া উহাকে ঐস্থানে কেবলমাত্র

একবার বসাইয়া কোণ সমূহকে উৎপত্তি বিন্দু এবং উহার মধ্যরেখা হইতে টানা উচিত। মুক্তশলাকাজরিপে ঐরূপ করা সহজ, কিন্তু বদ্ধশলাকাজরিপে ঐরূপ

৭২ চিত্র—বৃত্তাকার কোণঅঙ্কনযন্ত্র, ইহাতে কেন্দ্রবিন্দু নাই।

করিতে হইলে ট্রাভার্সের (traverse)* সমস্ত রেখা মূল ভূমিরেখার সহিত কত কোণ করিয়াছে নির্ণয় করিতে কিছু গণনার প্রয়োজন হয়। ষষ্ঠ অধ্যায়ে ঐ গণনা ব্যাখ্যা করা হইবে।

৭৩ চিত্র—ভার্ণিয়ারসহ দ্বিবাহুযুক্ত পিতল নির্ম্মিত বৃত্তাকার কোণ অঙ্কনযন্ত্র।

৭৩ম চিত্রে দ্বিবাহুযুক্ত বৃত্তাকার কোণঅঙ্কনযন্ত্র দেখান হইল। ইহা খনিজরিপ-কারীর বিশেষ প্রয়োজনীয়, এবং প্রায় সর্ব্বত্র ব্যবহৃত হয়। বাহুদ্বয় ডায়ালের দৃষ্টি-ফলকের অনুরূপ, এবং বাক্সে বন্ধ করিবার সময় উহা-দিগকে যন্ত্রের উপর ভাঁজ করিয়া রাখা হয়। প্রত্যেক

---

* ট্রাভার্স ৯৫ পৃষ্ঠায় ব্যাখ্যাত হইয়াছে।

বাহুর প্রান্তে একটী সূচ্যগ্রভাগ (pin point) আছে। উহা দ্বারা কাগজে আবশ্যকমত অতি ক্ষুদ্র ছিদ্র করা যায়। যন্ত্রের কেন্দ্রে এক টুক্‌রা কাচ থাকে। কাচের তলদেশে ক্রুশ-চিহ্নের মত সূক্ষ্ম দাগ কাটা আছে। ঐ চিহ্ন কেন্দ্র সূচিত করে, এবং ইহার সাহায্যে অনায়াসে যন্ত্রকে উৎপত্তি বিন্দুতে বসান যাইতে পারে। কার্য্য আরম্ভ করিতে হইলে বাহুদ্বয়কে পরস্পর ০° এবং ১৮০° তে বাঁধিয়া মধ্যরেখার উপর স্থাপন করিতে হইবে। ইহার ভার্ণিয়ার ৬৯ম চিত্রের মত। ভার্ণিয়ারে এক মিনিট পর্য্যন্ত পড়া যায়। যন্ত্রে বাহুদ্বয় আবদ্ধকারী এবং সূক্ষ্মগতিদায়ক স্ক্রুও দেওয়া থাকে।

চতুর্থ অধ্যায়ের প্রশ্নমালা।

১। নিম্নলিখিত বৃত্তপাদ বিয়ারিং সমূহকে চাপীয় বিয়ারিংয়ে পরিণত কর :—

(ক) এন ৫৭° ই।

(খ) এন্ ২২° $\frac{১}{২}$ ডব্লিউ।

(গ) এস্ ৪৯° $\frac{১}{৪}$ ই।

(ঘ) এস্ ৮২° ৪৬' ৪০" ডব্লিউ।

২। নিম্নলিখিত চাপীয় বিয়ারিংগুলিকে বৃত্তপাদ বিয়ারিংয়ে পরিবর্ত্তিত কর :—

(ক) ২৯°।

(খ) ১৪৬° ৪৮'।

(গ) ১৪২° $\frac{১}{৪}$।

(ঘ) ৩২৫° ৩১' ২০"।

৩। নিম্নলিখিত যন্ত্রদ্বয়ের গতি বং

(ক) বদ্ধশলাকাকম্পাস।

(খ) থিয়োডোলাইট।

৪। ভার্ণিয়ারের মূলতত্ত্ব ব্যাখ্যা কর। নিম্নলিখিত পাঠ দেখাইয়া ভার্ণিয়ার অঙ্কিত কর :—

(ক) ২৮·৬৬ ইঞ্চি।

(খ) ৬৫° ৩৯' (তিন মিনিট পর্য্যন্ত যেন মাপা যায়)।

(গ) ৭৭৯° ৫৮' ২০"।

৫। নিম্নলিখিত কর্ণমানদণ্ড অঙ্কিত কর :—

(ক) তিন শিকল = ১ ইঞ্চি (ইহাতে যেন এক লিঙ্ক পর্য্যন্ত মাপা যায়)।

(খ) $\frac{৭}{৮}$ ইঞ্চি = ১ ফুট (ইহাতে যেন এক লিঙ্কের দশমাংশ পর্য্যন্ত মাপ যায়)।

৬। খনির ডায়ালে প্রবণতা মাপিবার বিভিন্ন কৌশলগুলি বর্ণনা কর।

৭। হফ্‌ম্যান-উদ্ভাবিত ডায়েলের নির্ম্মাণ কৌশল অঙ্কিত কর। উহার উপকারিতা বর্ণনা কর।

৮। সচরাচর ব্যবহারোপযোগী বিভিন্ন বক্রাকার কোণঅঙ্কনযন্ত্র বর্ণনা কর, এবং প্রত্যেকের সুবিধা ব্যাখ্যা কর।

৯। খনির ডায়ালে ই এবং ডব্লিউ বিন্দুদ্বয়ের স্বাভাবিক স্থানের পরিবর্ত্তে কেন স্থান বিনিময় হইয়াছে বিশদরূপে ব্যাখ্যা কর।

পঞ্চম অধ্যায়।

চুম্বকশলাকা দ্বারা জরিপ (magnetic needle survey).

প্রকৃত এবং চৌম্বক মধ্যরেখা (the true and magnetic meridian)।

যে মহদ্বৃত্ত (great circle) কোন এক স্থান এবং উত্তর ও দক্ষিণ মেরু ভেদ করে, তাহাকে ঐস্থানের প্রকৃত কিম্বা ভৌগলিক মধ্যরেখা বলে। অতএব সুমেরু অভিমুখী মধ্যরেখাই ঐ স্থানের প্রকৃত উত্তর (true north)। উত্তর ও দক্ষিণ মেরু অচল, সুতরাং প্রকৃত উত্তর অপরিবর্ত্তনশীল, অর্থাৎ সকল সময়ে একই দিকে থাকে। চৌম্বক মধ্যরেখা প্রকৃত মধ্যরেখা হইতে সাধারণতঃ ভিন্ন। ভারটী সরাইয়া শলাকাকে সমতুল করিলে উহা ক্ষিতিজতলে ঘুরিয়া ফিরিয়া স্থির হইয়া যে দিক নির্দ্দেশ করে, তাহা দ্বারা অভীষ্ট স্থানে চৌম্বক মধ্যরেখা নির্দ্ধারিত হয়। অতএব শলাকার উত্তরাভিমুখী প্রান্ত চৌম্বক উত্তর সূচিত করে। ঐ প্রান্তকে উত্তরান্বেষী প্রান্ত (north seeking end) বলে।

যুগব্যাপী বলনবিকার (secular variation)।

চৌম্বক মধ্যরেখা প্রকৃত মধ্যরেখার সহিত সর্ব্বদা সর্ব্বত্র মিলিত হয় না। বস্তুতঃ ভূপৃষ্ঠে খুব অল্প স্থানেই উহাদের মিলন সংঘটিত হয়। বহু পূর্ব্বে (দুই হইতে তিন শত বৎসরের মধ্যে) উহারা লণ্ডনে একবার মিশিয়াছিল; কিন্তু এবৎসর যেস্থানে মিলিবে আগামী বৎসর তথায় উহাদের মিলন হইবে না। কারণ প্রত্যেক জায়গায় প্রকৃত উত্তর এবং চৌম্বক মধ্যরেখার মধ্যবর্ত্তী কোণের কালক্রমে হ্রাসবৃদ্ধি হয়। প্রকৃত উত্তরের সহিত চৌম্বক উত্তর যে কোণ জাত করে তাহাকে চৌম্বক বলন (magnetic declination), এবং ঐ কোণের বাৎসরিক পরিবর্ত্তনকে অর্থাৎ হ্রাসবৃদ্ধিকে যুগব্যাপী বলনবিকার বলে। নিম্নে ১৮৯৮ খ্রীষ্টাব্দের বিভিন্ন স্থানীয় চৌম্বক বলন দেওয়া হইল। উহাতে নানাস্থানের বলনের পার্থক্য দৃষ্ট হইবে।

স্থান।		বলন।
লণ্ডন	...	১৬° ৪৪′ ডব্লিউ (W)
ব্রাসেল্স্	...	১৪° ১১′ ,,
কোপনহেগেন	...	১০° ১৯′ ,,
বার্লিন	...	১০° ০৫′ ,,
ভায়েনা	...	৮° ২৪′ ,,
হংকং	...	০° ১১′ ই (E)
মেলবোর্ণ	...	৮' ১০′ ,,

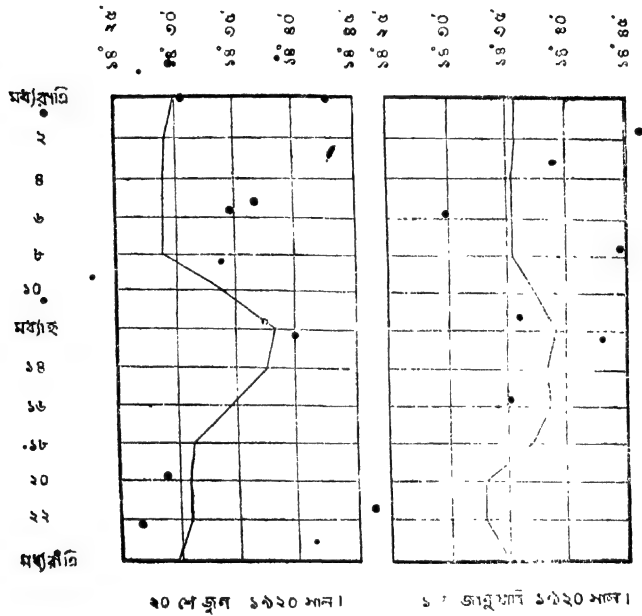
নিম্নে বহু বর্ষ ধরিয়া লণ্ডনের যুগব্যাপী বলনবিকার তালিকা প্রদত্ত হইলঃ—

বৎসর।		বলনবিকার।
১৫৮০	...	১১° ১৫′
১৬২২	...	৬ ০০′ ,,
১৬৫৭	...	০° ০০′ ,,
১৬৯২	...	৬° ০০′ ডব্লিউ
১৭২২	...	১৪° ১৭ ,
১৭৭৪	...	২[illegible]° ০৯′ ,,
১৮১১	...	২৪° ০৮′ ,,
১৮২০	...	২৪° ৩৪′ ,,
১৮৬০	...	২১' ৪০′ ,,
১৯০০	...	১৬° ৩১ ,
১৯১৬	...	১৫° ৫৬ ,,
১৯১৭	...	
১৯১৮	...	
১৯১৯	...	

ভারতবর্ষে বিভিন্ন স্থানের বহু বৎসরব্যাপী চৌম্বক বলনবিকার তালিকা নিম্নে দেওয়া হইল ঃ—

বৎসর।		কলিকাতা, চন্দননগর, বারাকপুর	বালেশ্বর	দেরাদুন।	করাচি	আলিবাগ।	জব্বলপুর।	কোদাইকেনাল।
১৬০০	...	১০° ০০′ ডবলিউ	......	......	......	......	......	......
১৬৮০	...	......	৮° ৪০′ ডবলিউ	......	......	......	......	......
১৭২২	...	৪° ০৭′ ডবলিউ	......	......	......	......	......	......
১৭৩১	...	৩° ০০′ ডবলিউ	......	......	......	......	......	......
১৭৪০	...	০° ০০′	......	......	......	......	......	......
১৮২৮	...	২° ৪১′ ই	......	......	......	......	......	......
১৮৫৭	...	২° ২১′ ই	......	......	......	......	......	......
১৮৯৭	...	২° ০১′ ই	......	......	......	......	......	......
১৯০৪	...	১° ২২′ ই	......	২° ৪২′ ই	১° ৩৮′ ই	১° ১০′ ই	১° ১৪′ ই	০° ২৫′ ডবলিউ
১৯০৯	...	১° ০১′ ই	......	২° ৩৬′ ই	১° ৪১′ ই	১° ০১′ ই	১° ০০′ ই	০° ৪৮′ ডবলিউ
১৯১৪	...	০° ৩৬′ ই	......	২° ২১′ ই	১° ৪০′ ই	০° ৪৬′ ই	০° ৪৫′ ই	১° ১৭′ ডবলিউ
১৯১৭	...	০° ১৯′ ই	......	২° ১১′ ই	১° ৩৯′ ই	০° ৩৭′ ই	০° ২৮′ ই	১° ৩০′ ডবলিউ
১৯১৮	...	০° ১৪′ ই	......	২° ০৮′ ই	১° ৩৯′ ই	০° ৩৪′ ই	০° ২৬′ ই	১° ৩৫′ ডবলিউ
১৯১৯	...	০° ০৮′ ই	......	২° ০৫′ ই	১° ৩৯′ ই	০° ৩১′ ই	০° ২০′ ই	১° ৪০′ ডবলিউ

সতর্ক হইয়া পরীক্ষা করিলে দেখা যায়, বলনের যুগব্যাপী অল্প অল্প বিকার ব্যতীত উহার দৈনিক হ্রাসবৃদ্ধি হয়। এই হ্রাসবৃদ্ধিকে দৈনিক বলনবিকার বলে। কিউ (Kew) নামক স্থানে (৭৪ক চিত্র) গ্রীষ্মকালে—সন্ধ্যা ৬½ টা এবং সকাল ১০½ টায় দৈনিক মধ্যমস্থান (mean position) অতিক্রম করিয়া—বেলা ১টার

দৈনিক বলনবিকার (diurnal variation)।

৭৪ চিত্র—গ্রীষ্মকালে ও শীতকালে কিউ নামক স্থানে শলাকার দৈনিক বলনবিকার প্রদর্শিত হইয়াছে।

সময় পশ্চিমে ১০′½ এবং প্রাতে ৭টায় পূর্ব্বে ৬′½ শলাকার সর্ব্বাপেক্ষা অধিক দৈনিক বলনবিকার লক্ষিত হইয়াছিল। শীতকালে সন্ধ্যা ৭টায় এবং প্রাতে ১০টায় দৈনিক মধ্যমস্থান অতিক্রম করিয়া বেলা ১½ টায় উর্দ্ধ সংখ্যা ৫′½ পশ্চিমে এবং প্রাতে ৮ টায় উর্দ্ধ সংখ্যা ৩′½ পূর্ব্বে শলাকায় দৈনিক বলনবিকার লক্ষিত হইয়াছিল। আরও সময়ে সময়ে চৌম্বক ঝটিকা (magnetic storm) দ্বারা অনিয়মিত বলনবিকার হইয়া থাকে। ঐ ঝটিকার সহিত বজ্রপতনের কোনও সম্বন্ধ নাই; এবং ভীষণ বজ্রাঘাত শলাকাকে বিচলিত করিতে পারে না। যখন উদীচ্যালোক (Aurora Borealis) কিম্বা সৌরকলঙ্ক (sun spot) দেখা দেয়, তখন প্রায়ই চৌম্বক ঝটিকা হয়।

চৌম্বকাবনতি (magnetic dip)।

শলাকার বলনের ন্যায় চৌম্বকাবনতিরও বর্ষে বর্ষে হ্রাসবৃদ্ধি হয়। নিম্নে লণ্ডনের কয়েক বৎসরের অবনতির তালিকা প্রদত্ত হইল :—

খ্রীষ্টাব্দ।		অবনতি।	
১৬০০	...	৭২°	০০′
১৭০০	...	৭৪°	০০′
১৮০০	...	৭০°	৩৫′
১৮৫০	...	৬৮°	৪৮′
১৮৮০	...	৬৭°	৩৫′
১৮৯০	...	৬৭°	১৩′
১৯০০	...	৬৭°	০৯′
১৯২৮	...	৬৬°	৫১′

ভারতবর্ষে বিভিন্ন স্থানের কয়েক বৎসরের অবনতি নিম্নে প্রদত্ত হইল :—

সাল।	দেরাদূন।	করাচি।	আলিবাগ।	জব্বলপুর।	কোদাইকেনাল।	বারাকপুর।
১৯০২	৪১° ০৬′	১১° ২৬′	২২° ১৯′	৩০° ১৯′	২° ৫৮′	৩০° ০৬′
১৯০৯	৪১° ৪৪′	১৪° ১৯′	২১° ২৫′	৩১° ০১′	৩° ৩৬′	৩০° ৩৫′
১৯১৭	৪৪° ৪০′	১৫° ২৭′	২৪° ১৪′	৩২° ০২′	৪° ২৩′	৩১° ০৮′
১৯১৮	৪৬° ৪৭′	১৫° ১৬′	২৪° ৪২′	৩২° ০৯′	৪° ৩৫′	৩১° ১২′
১৯১৯	৪৪° ৫৪′	১৫° ৪৪′	২৪° ৫১′	৩২° ১৭′	৪° ৪২′	৩১° ১৬′

দৈনিক বলনবিকারের বিষয় পূর্ব্বে যাহা আলোচিত হইয়াছে তাহা হইতে

বলন-সংশোধন (correction to geographical meridian)।

বুঝা যায়, সতর্ক হইয়া সংশোধন না করিলে শলাকার সাহায্যে নির্ভুল কার্য্য করিতে যাওয়া বৃথা। ব্রিটেন দ্বীপপুঞ্জে গ্রীষ্মকালে দৈনিক বলনবিকার প্রায় ১৭′। অতএব জরিপকারী উহা গণনা না করিলে তাঁহার কার্য্যে সিকি ডিগ্রির অধিক ভুল হইবে। তথাপি অনেকে দৈনিক বলনবিকার উপেক্ষা করিয়া কেবল মাত্র মধ্যবলন (mean declination) গণনা করিয়া কার্য্য করেন।

নক্সায় দৈনিক জরিপকার্য্য অঙ্কিত করিতে ভৌগোলিক মধ্যরেখা ব্যবহার করা সুবিধাজনক। এ বিষয়ে কিছুমাত্র সন্দেহ নাই। চৌম্বক মধ্যরেখা গ্রহণ করিলে প্রতিবৎসর উহাকে পরিবর্ত্তন করিতে হইবে, কাজেই নক্সা অপরিচ্ছন্ন হইবে; কিন্তু ভৌগোলিক মধ্যরেখা অপরিবর্ত্তনশীল। আরও যদি চৌম্বক মধ্যরেখার বাৎসরিক মধ্যমস্থান নক্সায় অঙ্কিত হইয়া ব্যবহৃত হয়, তবে দৈনিক বলনবিকার এবং চৌম্বক ঝটিকা গণনা না করিলে কিছু ভুল হইবার আশঙ্কা থাকে। দৈনিক বলনবিকার উপেক্ষা করিলে কোন রেখা চৌম্বক মধ্যরেখার সহিত যে কোণ করে, তাহা হইতে ঐ রেখা প্রকৃত মধ্যরেখার সহিত যত কোণ করিবে, গণনা করা সহজ। ঐরূপ করিতে কেবলমাত্র যোগবিয়োগ আবশ্যক হয়। অতএব প্রতিদিন চৌম্বক মধ্যরেখার সহিত যে সকল রেখার কোণ মাপা হয়, তাহা হইতে সেই সকল রেখা প্রকৃত মধ্যরেখার সহিত কত কোণ করে অনায়াসে গণিত হইতে পারে।

মনে কর, চৌম্বক বলন ১৬° ১৫′ ডব্লিউ।

তবে পুস্তকে যদি একটী কোণ এন্ ২৫° ৩০′ ডব্লিউ লিখিত হয়, তাহা হইলে প্রকৃত উত্তরের সহিত উহা (২৫° ৩০′ + ১৬° ১৫′) এন্ ৪১° ৪৫′ ডব্লিউ হইবে।

অথবা কোনও কোণ এস্ ৬৭° ৪৫′ ই লেখা থাকিলে (৬৭° ৪৫′ − ১৬° ১৫′) এস্ ৫১° ৩০′ ডব্লিউ হইবে।

পুনঃ এন্ ৫° ০০′ ই থাকিলে (১৬°১৫′ − ৫°০′) এন্ ১১° ১৫′ ডব্লিউ হইবে।

কিন্তু যদি দৈনিক বলনবিকার জন্য সংশোধন আবশ্যক বিবেচিত হয়, তবে বলন ১৬° ১৫′ ডব্লিউয়ে স্থির না ধরিয়া গ্রীষ্মকালে প্রাতে ৭ টার সময় প্রায় ১৬° ২৬′ ডব্লিউ হইতে মধ্যাহ্ন ১টায় প্রায় ১৬° ০৯′ পর্য্যন্ত পরিবর্ত্তিত হইবে, এইরূপ ধরা উচিত। সুতরাং পুস্তকে কোণ লিখিবার কালে সময়ও লিখিয়া রাখিতে হইবে, এবং নক্সা করিবার কালে যে সময়ে কোণ মাপা হইয়াছিল, সেই সময় যত বলন, তাহা আনুপাতিক হিসাবে স্থির করিয়া পূর্ব্বোক্তরূপে প্রকৃত মধ্যরেখার সহিত কোণ হিসাব করিতে হইবে। এবম্বিধ হিসাব করা স্বভাবতঃই বিশেষ অসুবিধাজনক। ইহাতে ক্ষেত্র-পুস্তকে লেখাগুলি ঘনসন্নিবিষ্ট হয়, এবং মধ্যে মধ্যে ভুল হওয়াও সম্ভব।

কোন রেখা চৌম্বক মধ্যরেখার সহিত যত কোণ করে, তাহা হইতে বলন সংশোধন ব্যতীত ভৌগোলিক মধ্যরেখার সহিত ঐ রেখা যত কোণ করিবে নির্ণয় করিতে হইলে যন্ত্রের দৃষ্টিরেখা এরূপ স্থানে রাখিয়া আবদ্ধ (clamp) করিতে হইবে, যাহাতে শলাকা আপনা হইতেই ভৌগোলিক মধ্যরেখার সহিত কোণের পাঠ দেয়। এই উপায়ই সর্ব্বাপেক্ষা উত্তম। যথা, মনে কর, দৈনিব মধ্যবলন ১৭° ১২′ ডব্লিউ। যদি দৃষ্টিরেখাকে ১৭° ১২′ বামে সরাইয়া

আবদ্ধ করিয়া দেওয়া হয়, তবে স্পষ্ট প্রতীয়মান হইবে, শলাকা ডায়ালের এন্. এস্. রেখায় থাকিলে দৃষ্টিরেখা ভৌগোলিক উত্তরে থাকিবে। এই উপায়ে পাঠ করিয়া পুস্তকে লিখিত কোণ সমূহ প্রকৃত উত্তরের সহিত কোণ হইবে, এবং ইহাতে কোন হিসাবের প্রয়োজন হইবে না। এই প্রণালী অনুসারে দৈনিক বলন-বিকারের জন্য সংশোধন অনেক সহজ। কারণ জরিপকারী কার্য্য করিবার সময় ঘড়ি দেখিতে পারেন, এবং দৃষ্টিরেখাকে গ্রীষ্মকালে প্রাতে প্রায় ৭টার সময় ১৭° ০৬′ এ রাখিয়া ধীরে ধীরে আবর্ত্তন করতঃ ১০ টায় ১৭° ১২′ এ এবং মধ্যাহ্ন ১টায় ১৭° ২২′ এ রাখিতে পারেন। শীতকালে দৃষ্টিরেখাকে এত অধিক সরাইতে হইবে না। এই উপায়ে চৌম্বকশলাকা ব্যবহার করিলে অল্লায়াসে অনেকটা সূক্ষ্ম কাজ করা যাইতে পারে। চৌম্বক ঝটিকা এড়ান উচিত। উহার জন্য শলাকা কিছু হেলিয়াছে কি না তাহা দূরবর্ত্তী দ্রব্য, যথা একটী গির্জ্জার চূড়া, কর্ত্তন করিলেই সহজে ধরা পড়ে। কয়লাখনির আফিস হইতে চূড়া ভৌগোলিক মধ্যরেখার সহিত কত কোণে আছে জানা থাকিলে জরিপকার্য্য আরম্ভ করিবার পূর্ব্বে, একবার চূড়াকে কর্ত্তন করিয়া বলনের পার্থক্য দৃষ্ট হইলে, ঝটিকার অস্তিত্ব প্রমাণ হইবে, এবং তদনুযায়ী কোণগুলিও শোধন করিতে হইবে।

ভারতবর্ষের দৈনিক বলনবিকার ইংলণ্ডের মত অধিক নহে। দেরাদূনে মে মাসে, চৌম্বক মধ্যরেখার মধ্যমস্থান হইতে প্রাতে ৮টার সময় ৩′·৭ই হইতে মধ্যাহ্ন ১টায় ৩′·৬ ডব্লিউ পর্য্যন্ত বলনবিকার দেখা হইয়াছিল। নবেম্বর মাসে প্রাতে ৯টার সময় ০′·৮ই হইতে মধ্যাহ্ন ১′·৩ ডব্লিউ হইয়াছিল। অতএব গ্রীষ্মকালে উর্দ্ধসংখ্যা ৭′·৩ এবং শীতকালে নিম্নসংখ্যা ১′·১ বলনবিকার হইয়াছিল।

জরিপের ষ্টেসন (survey station)।

খনির ভিতরে ষ্টেসনকে (যেখানে কম্পাস বসান হয় কিম্বা যাহাকে দেখা হয়) স্থায়িরূপে চিহ্নিত করিতে এবং শীঘ্র খুঁজিয়া বাহির করিতে হইলে চালে একটী ক্ষুদ্র গর্ত্ত করিয়া খড়িমাটি দ্বারা চতুর্দ্দিকে একটী বৃত্ত অঙ্কিত করিতে হইবে। পরে গর্ত্ত হইতে একটী ওলন ঝুলাইয়া ডায়াল বসান হয় ; এরূপ করিতে হইলে চাল উত্তম এবং অনুচ্চ হওয়া আবশ্যক। চাল উচ্চ হইলে উহার লাগাইল পাওয়া যাইবে না। চাল খারাপ কিম্বা উচ্চ হইলে তলিতে, গর্ত্ত করিয়া দুই এক ইঞ্চি মোটা খুঁটা পুতিয়া ষ্টেসন চিহ্ন রাখা হয়। অনেক ডায়ালের নীচে আঁক্‌ড়া থাকে ; উহাতে ওলন ঝুলাইয়া ষ্টেসনে যন্ত্র বসান সহজ।

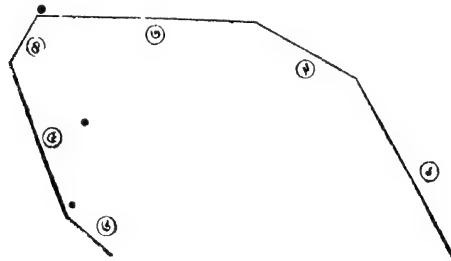
ঋজু সুঁদ চালাইবার জন্য চালে কেন্দ্র রেখায় দুইটী গর্ত্ত করিয়া উহা হইতে সূতা দ্বারা ওলন কিম্বা প্রস্তরখণ্ড ঝুলাইতে হইবে। কাজ আরম্ভ করিবার পূর্ব্বে খনকগণ প্রতিদিন ঐ দুই সূতার সাহায্যে সুঁদমুখে কেন্দ্ররেখার দাগ দিবে। এরূপ করিলে রাস্তা ঋজু থাকিবে। দুইটী অপেক্ষা তিনটী সূতা ব্যবহার করা শ্রেয়ঃ ; কারণ অল্প চাল পড়িয়া যাইলে একটী গর্ত্ত নষ্ট হইয়া যাইতে

পারে। উপায়ান্তরে চালে বরাবর কেন্দ্ররেখা টানা থাকিলে উহা হইতে খনকগণ সূঁদ ঋজু চালাইতে পারিবে।

খনির ভিতরে সমস্ত জরিপই ট্রাভার্স (traverse) জরিপ। কতক-গুলি ঋজুরেখা স্থির করা, দুই রেখার সংযোগস্থলে ষ্টেসন্ চিহ্ন দেওয়া, রেখা সমূহের দিক্ নির্ণয় করা, দুই ষ্টেসনের মধ্যবর্ত্তী দূরত্ব অর্থাৎ প্রত্যেক রেখা মাপ করা, এবং রেখা হইতে আবশ্যকমত শাখাদূরত্ব পরিমাণ করার নামই ট্রাভার্স জরিপ। নক্সা করিবার সময় চৌম্বক কিম্বা প্রকৃত উত্তরের মধ্যে যে কোন একটীকে ভূমিরেখা ধরা যাইতে পারে। ভূমিরেখা যাহাই হউক না কেন, জরিপ করিবার পদ্ধতি সমান। ক্ষেত্র-পুস্তকে চুম্বকশলাকা দ্বারা জরিপ সরলভাবে লিখিবার প্রণালী নিম্নে প্রদত্ত হইল। ইহাতে কেবলমাত্র মূল ট্রাভার্সের রেখা দেখান হইয়াছে, শাখাদূরত্ব দেওয়া হয় নাই।

চুম্বক শলাকা দ্বারা জরিপ (magnetic needle survey)।

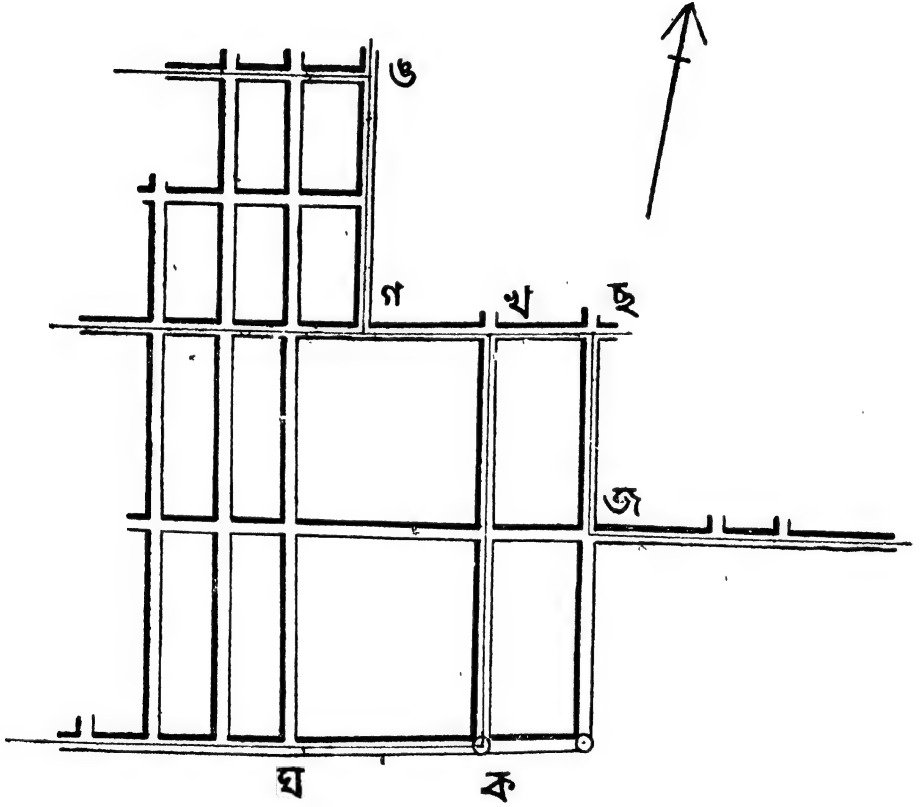
ষ্টেসন।	বিয়ারিং অর্থাৎ চৌম্বক মধ্যরেখার সহিত কোণ।	দূরত্ব।
১	এন ৫৭° ১/২ ডব্‌লিউ	২৪৬
২	এন ৮৯° ডব্‌লিউ	১১২
৩	এস্ ৬১° ১/৪ ডব্‌লিউ	২৭৫
৪	এস্ ৯ ৩/৪ ডব্‌লিউ	৬১
৫	এস্ ৪৯° ই	১৯৬
৬	এস্ ৭৮° ১/৪ ই	৭৪

উপরোক্ত জরিপটীকে ৭৫ম চিত্রে ২০০ ফুট = ১ ইঞ্চি মানানুযায়ী নক্সা করা হইয়াছে।

৭৫ চিত্র। মান ২০০′ ১″।

চুম্বকশলাকার সাহায্যে খনির অভ্যন্তরে জরিপ করিবার পদ্ধতি বর্ণিত হইতেছে। পূর্ব্ব জরিপের শেষ ষ্টেসন্ যদি বিনষ্ট না হইয়া থাকে তাহা হইলে জরিপকারী উহা হইতে কার্য্য আরম্ভ করিবেন। ঐ ষ্টেসন্ হইতে দুইটী রাস্তার বিয়ারিং (bearing) অর্থাৎ উহাদের কেন্দ্ররেখা চৌম্বক মধ্যরেখার সহিত কত কোণ করে তাহা মাপ করিতে হইলে ঐ স্থানে যন্ত্র বসাইবার আবশ্যক হইবে। কিন্তু যদি কেবল একটীর বিয়ারিং প্রয়োজন হয়, তবে পরবর্ত্তী ষ্টেসনে যন্ত্র বসাইলেই চলিবে। সম্ভবমত ষ্টেসনগুলি চৌমাথা রাস্তায় হওয়া উচিত। উহাতে দুইদিকে বিয়ারিং লওয়া যায়, এবং পূর্ব্ব জরিপস্থ কোন একটী ষ্টেসনের বিয়ারিং ও দূরত্ব মাপিয়া কাজ ঠিক হইয়াছে কি না পরীক্ষা করা চলে। ডায়ালে কাজ করিবার সময় প্রধানতঃ ইহা স্মরণ রাখিতে হইবে যে, যেস্থানে যন্ত্র বসান হইয়াছে তথা হইতে একটী দূরবর্ত্তী বিন্দুর অথবা ষ্টেসনের বিয়ারিং লইতে হইলে এস্ হইতে এন্ দিকে দেখিতে হইবে। তবে উত্তরান্বেষী প্রান্ত নির্ভুল বিয়ারিং দিবে। মনে কর, ডায়াল ক এবং গ এর মধ্যবর্ত্তী খ বিন্দুতে বসান হইয়াছে। অতএব যন্ত্রকে না সরাইয়া কখ এবং খগ এই উভয়েরই বিয়ারিং লওয়া যাইতে পারে। কখ এর বিয়ারিং লইতে হইলে এন্ হইতে এস্ দিকে দেখিতে হইবে। ইহাতে খক এর উল্টা বিয়ারিং অর্থাৎ কখ এর বিয়ারিং পাওয়া যাইবে। ডায়াল দ্বারা দেখা যায় এইরূপ সুবিধামত স্থানে গ বিন্দু লইবে। তথায় চালে কিম্বা তলিতে একটী স্থায়ী চিহ্ন রাখিয়া ঐস্থানে রসি দ্বারা একটী ওলন ঝুলাইবে। রসির পশ্চাতে একটী বাতি ধরিবে, যেন রসির ছায়া ডায়ালের দিকে থাকে। পরে খগ এর বিয়ারিং পাঠ করিবে। অন্যথা, খ এর কোনও নির্দ্দিষ্ট দিকে গ ষ্টেসন্ করিতে হইলে ডায়ালকে এপ্রকারে বসাইবে যাহাতে উহার এস্ এন্ রেখা (দৃষ্টিরেখা) উক্ত দিকে থাকে। জরিপকারী যন্ত্রের নিকট হইতে যেস্থানে গ ষ্টেসন হইবে, তথায় তাঁহার সহকারীকে বাতি একদিক হইতে অন্যদিকে সরাইবার জন্য পূর্ব্ব-স্থিরীকৃত পদ্ধতি অনুসারে সঙ্কেত করিবেন। বাতি সরাইতে সরাইতে উহা ডায়ালের বালামচির সহিত ঠিক একরেখায় হইলে সহকারীকে ঐস্থানে একটী চিহ্ন রাখিতে আদেশ করিবেন। চিহ্ন রাখিয়া উহা ঠিক হইল কি না পরীক্ষা করা উচিত।

যন্ত্রের তেপায়া ব্যতীত দুইটী অতিরিক্ত তেপায়া ব্যবহার করিলে কার্য্য যে দ্রুত সুসম্পন্ন হয়, তাহা সহজেই অনুমেয়। কারণ পশ্চাদ্বর্ত্তী ষ্টেসনে যথাস্থাপিত তেপায়াতে কেবল বাতি রাখিলেই চলিবে। তথায় কোন লোক থাকিবার আবশ্যক নাই, এবং ডায়ালকে উহার তেপায়া হইতে খুলিয়া অগ্রের তেপায়াতে লইয়া যাইতে যে সময় লাগে, তাহার মধ্যেই পশ্চাতের তেপায়াটী উঠাইয়া লইয়া যথাস্থানে বসান যাইবে।

৭৬ চিত্র—খনির ভিতরস্থ জরিপের ক্ষেত্র-পুস্তক হইতে পর পর কয়েক পৃষ্ঠা : সুদ এবং কাথির কার্য্য।

যথায় শাখাদূরত্ব আবশ্যক কিম্বা রাস্তা ইত্যাদি বিস্তারিত ভাবে নক্সায় দেখাইতে হইবে, তথায় ৭৬ম চিত্রে প্রদর্শিত উপায়ে পুস্তক লিখিতে হইবে। এই পদ্ধতিতে পুস্তকের পাতার মধ্যস্থলে নিম্ন হইতে উপরের দিকে ট্রাভার্সের রেখা সমূহ অঙ্কিত হয়, এবং ঐদিকে উহাদের দূরত্ব সূচক অঙ্কগুলিও লিখিত হয়।

৭৭ চিত্র।
মান ১০০'--১"।

ঐ অঙ্কগুলি যাহাতে শাখাদূরত্ব জ্ঞাপক অঙ্কের সহিত মিশিয়া না যায়, সেইহেতু দুইটী রেখা টানিয়া লওয়া হয়। কোণ অথবা বিয়ারিং বামে লিখিত হয়, এবং যেখানে জরিপের রেখার দিক পরিবর্ত্তন হইবে, সেইখানে পাতায় আড়াআড়ি একটী রেখা টানা হয়।

সুঁদ এবং কাঁথির কার্য্যে (bord and pillar working) পুস্তক লিখন প্রণালী ৭৬ম চিত্রে দেখান হইল, এবং ৭৭ম চিত্রে উহার নক্সা ১০০ ফুট = ১ ইঞ্চি

৭৮ চিত্র — খনির ভিতরস্থ জরিপের ক্ষেত্র-পুস্তক হইতে পর পর কয়েক পৃষ্ঠা ; দীর্ঘ প্রাচীর উপায়ে কাটা হইতেছে।

মানানুসারে অঙ্কিত হইল। যেস্থানে দীর্ঘ প্রাচীর (long wall) নামক উপায়ে কয়লা নিঃশেষিত হইতেছে সে স্থানের জরিপ কিরূপে পুস্তকে লিখিত হয়

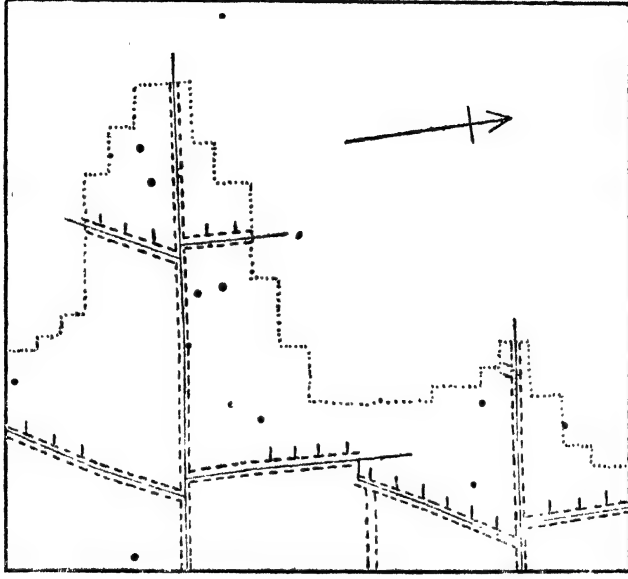
তাহা ৭৮ম চিত্রে, এবং ২০০ ফুট = ১ ইঞ্চি মানানুযায়ী ঐ জরিপের নক্সা ৭৯ম চিত্রে দেখান হইল।

জরিপের নক্সা (plotting the survey)।

সাধারণতঃ খনির ভিতরে রাস্তা সকল সমান চওড়া করিয়া চালান হয়। অতএব উহাদের প্রস্থ নক্সায় দেখাইবার জন্য শাখাদূরত্ব লইবার আবশ্যক নাই। নক্সা করিবার সময় ডায়ালের দৃষ্টিরেখা রাস্তার কেন্দ্র দিয়া গমন করিয়াছে ধরিয়া লওয়া হয়, যদিও অনেক স্থলে ঐরূপ যায় না। হলেজ রাস্তাকে ঋজু রাখিবার নিমিত্ত উহাদিগকে, এবং অন্যান্য বিশেষ কার্য্যের জন্য যে সকল রাস্তা ঋজু রাখা আবশ্যক সেই রাস্তাগুলিকে, যন্ত্রের দৃষ্টিরেখার সহিত শাখাদূরত্ব লইয়া সূক্ষ্মভাবে জরিপ করা উচিত। সুতরাং জরিপ নক্সা করিতে হইলে সচরাচর দৃষ্টিরেখা সমূহ নক্সায় যথাস্থানে টানিতে হইবে। উহাদিগকে প্রায়ই পেন্‌সিলে টানা হয়, কচিৎ লাল কালী ব্যবহৃত হয় ; এবং সূক্ষ্ম সূচাগ্রের সাহায্যে কাগজে ছিদ্র করতঃ উহা কালী পূর্ণ করিয়া ষ্টেসন্ অথবা কৌণিক বিন্দুর স্থায়ী চিহ্ন রাখা হয়। কেন্দ্ররেখা অথবা দৃষ্টিরেখা সকল সুন্দররূপে যথাযথভাবে অঙ্কিত হইলে রাস্তার কিনারা অর্থাৎ কয়লার ধার সমূহ কালী দিয়া টানিতে হইবে।

৭৮ চিত্র শেষ হইল।

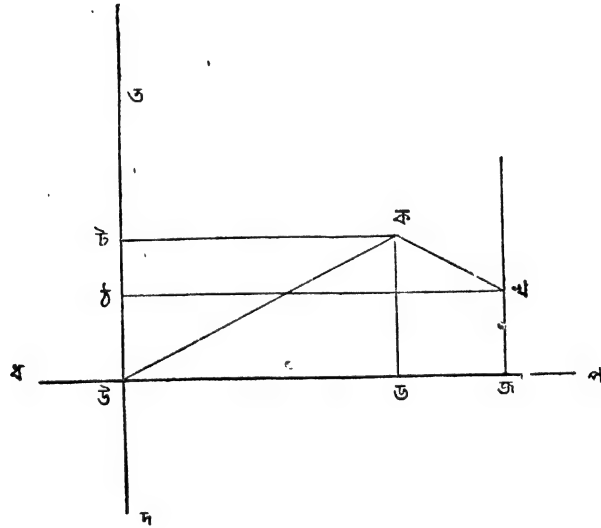
কোন একটী ষ্টেসন্ নক্সায় অঙ্কিত করিবার পর, উহার মধ্য দিয়া ক্ষেত্র-পুস্তকে লিখিত দিকে একটী রেখা টানিতে হইলে ৭২ম চিত্রে প্রদর্শিত কার্ডবোর্ড নির্ম্মিত বৃত্তাকার কোণঅঙ্কনযন্ত্রের সাহায্য লইতে হইবে। অভীষ্ট দিকে ঐ যন্ত্র বসাইবে। মনে কর, এন্ ৩০° ই দিকে কিম্বা দক্ষিণ হইতে বামে এস্ ৩০° ডব্‌লিউ দিকে রেখা টানিবার নিমিত্ত সমরেখাকর্ষণ (ruller) বসান হইয়াছে। রেখাকর্ষণটী গড়াইয়া নক্সায় ঠিক ষ্টেসনে লইয়া আবশ্যকমত দিকে রেখা টানিবে। অঙ্কিত রেখায় পরবর্ত্তী ষ্টেসনের দূরত্ব মানানুসারে মাপিয়া বসাইবে, এবং ঐ নূতন বিন্দুর মধ্য দিয়া ক্ষেত্র-পুস্তকে লিখিত পরবর্ত্তী দিকে রেখা টানিবে। এপ্রকারে পর পর ষ্টেসন্‌গুলি অঙ্কিত করিবে। যন্ত্র না উঠাইয়া রেখাকর্ষণ ব্যবহার করা অসম্ভব

হইলে. উহা উঠাইবার পূর্ব্বে পেনসিল দ্বারা অল্প জোরে সমস্ত কোণের দাগ রাখিতে হইবে।

৭৯ চিত্র। মান ২০০' — ১"।

জরিপের ষ্টেসনসমূহ পর পর অঙ্কিত করিলে অঙ্কনে ক্রমান্বয়ে ভুল সঞ্চয় হয়। সমকোণী ভুজযুগ্মের সাহায্য লইলে এবম্বিধ ভুল সঞ্চয় হয় না। এই প্রণালীতে প্রত্যেক ষ্টেসন প্রারম্ভ বিন্দু হইতে অঙ্কিত হয়। প্রারম্ভ স্থানকে উৎপত্তি বিন্দু (origin) এবং উত্তরদক্ষিণ ও পূর্ব্ব-পশ্চিম দিক্‌কে অক্ষরেখা (axes of coordinates) ধরা হয়। ৮০ম চিত্রে উক ও কখ রেখা জরিপ করা হইয়াছে। ক বিন্দুর নিরক্ষান্তর (latitude) উট. এবং প্রস্থান (departure) টক। নিরক্ষান্তর উত দিকে ধনাত্মক ও উদ দিকে ঋণাত্মক, এবং প্রস্থান উপ দিকে ধনাত্মক ও উধ দিকে ঋণাত্মক। অতএব উক রেখার নিরক্ষান্তর এবং প্রস্থান উভয়েই ধনাত্মক। উঠ এবং উজ কিম্বা ঠট এবং ডজ (ক এর সম্পর্কে) খ এর নিরক্ষান্তর এবং প্রস্থান; অর্থাৎ ঠট এবং ডজ কখ রেখার আংশিক নিরক্ষান্তর এবং প্রস্থান। সামান্য চিন্তা

সমকোণী ভুজযুগ্মের সাহায্যে জরিপ নক্সা (plotting by rectangular coordinates)।

করিলেই বুঝিতে পারা যায়, নিম্নলিখিত তালিকানুসারে নিরক্ষান্তর এবং প্রস্থান ধনাত্মক ও ঋণাত্মক হইবে :—

দিক্।	নিরক্ষান্তর।	প্রস্থান।
এন্ ই বৃত্তপাদ।	ধনাত্মক।	ধনাত্মক।
এন্ ডব্লিউ বৃত্তপাদ।	ধনাত্মক।	ঋণাত্মক।
এস্ ডব্লিউ বৃত্তপাদ।	ঋণাত্মক।	ঋণাত্মক।
এস্ ই বৃত্তপাদ।	ঋণাত্মক।	ধনাত্মক।

৮০ চিত্র।

আমরা দেখিতে পাই, উৎপত্তি বিন্দু উ এর সম্পর্কে উঠ এবং উজ খ এর পূরা নিরক্ষান্তর এবং প্রস্থান। উহারা উক এবং কখ রেখার আংশিক নিরক্ষান্তর এবং প্রস্থানের সমষ্টি। এইরূপে ট্রাভার্সের সমস্ত রেখার আলোচনা করিলে আমরা দেখিতে পাই, উহার সমস্ত নিরক্ষান্তরের সমষ্টি যে সকল রেখা দ্বারা ট্রাভার্স বেষ্টিত তাহাদের আংশিক নিরক্ষান্তরের বীজগণিতানুযায়ী যোগফলের সমান।

এখন উড = উক কস্ ডউক।

এবং উট = উক সাইন্ ডউক।

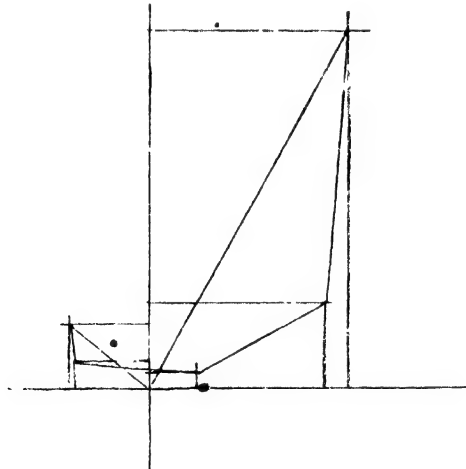
অতএব উক রেখার নিরক্ষান্তর এবং প্রস্থান সহজেই নির্ণেয়। কারণ উক মাপা হইয়াছে, এবং ডউক কোণ জানা আছে।

সাদৃশ্যতঃ খ এর আংশিক নিরক্ষান্তর এবং প্রস্থান নির্ণয় করা যায়। কারণ

ডজ = কখ কস্ ঠখক।

এবং টঠ = কখ সাইন্ ঠখক।

নিরক্ষান্তর এবং প্রস্থান সহজে হিসাব করিবার জন্য তালিকা পুস্তক (traverse table) প্রকাশিত হইয়াছে। উহাতে ৯০° পর্য্যন্ত সমস্ত কোণের এবং ১০ পর্য্যন্ত সমস্ত দূরত্বের নিরক্ষান্তর ও প্রস্থান দেওয়া আছে। কিন্তু কেবল-মাত্র সাইন্ এবং কোসাইনের তালিকা থাকিলেই যথেষ্ট। নিম্নে ভুজযুগ্মের সাহায্যে জরিপ নক্সার একটী সহজ উদাহরণ দেওয়া হইল :—

বিয়ারিং।	দূরত্ব।	নিরক্ষান্তর।	প্রস্থান।	পূরা নিরক্ষান্তর।	পূরা প্রস্থান।
এন্ ৩০ ½° ই	২৪৬	+২১২·০	+১২৪·৯	+২১২·৫	+১২৪·৯
এস্ ৫৬ ¼° ডব্লিউ	১৯৮	—১৬৩·৪	+৪৯·১	+৪৯·১	+১০৯·৯
এস্ ৬১° ডব্লিউ	৭৯	—৪০·৪	+৮·৭	+৮·৭	+৯০·৬
এন্ ৮৪ ¾° ডব্লিউ	৭৬	+৬·৯	+১৫·৬	+১৫·৬	—৪৫·১
এন্ ৭ ½° ডব্লিউ	২২	+২১·৮	+৩৭·৪	+৩৭·৪	—৪৭·৯
এস্ ৫২° ই	৬১	—৩৭·৫	—০·১	—০·১	+০·১

৮১ চিত্র—ভুজযুগ্মের সাহায্যে ট্রাভার্স অঙ্কিত হইয়াছে, মান ১০০′ = ১″।

৮১ম চিত্রে উপরোক্ত ট্রাভার্সের নক্সা দেওয়া হইয়াছে। ইহা একটী সীমাবদ্ধ ট্রাভার্স (closed traverse)। সুতরাং নিরক্ষান্তরের এবং প্রস্থানের বীজগণিতানুযায়ী যোগফল শূন্য (০) হইবে, অথবা যোগফল প্রায় শূন্য হইবে। কারণ একেবারে নির্ভুল কাজ করা অসম্ভব।

বন্ধনরেখা (tie line)।

কার্য্যে ভুল হইয়াছে কি না পরীক্ষা করিবার জন্য উপযুক্ত স্থান পাইলেই বন্ধনরেখা জরিপ করিবে। স্বভাবতঃ খনির ভিতরে ঐরূপ রেখা পাওয়া যায় না; কিন্তু ভূপৃষ্ঠে বন্ধনরেখা দ্বারা, অথবা এক ষ্টেসন্ হইতে দুই বা ততোধিক রেখাব সাহায্যে অন্য ষ্টেসন্ পর্য্যন্ত সংক্ষেপ জরিপ (flying check survey) করিয়া ট্রাভার্স সীমাবদ্ধ করা যায়। সময়ে সময়ে খনিতে যেস্থানে বায়ু-চানক (air-shaft), কিম্বা বাষ্প ইত্যাদি শক্তি প্রেরণ করিবার জন্য বোর-গর্ত্ত (bore hole) করা হইয়াছে, সেই পর্য্যন্ত জরিপ কার্য্য ঠিক্ হইয়াছে কি না, ঐ চানক বা গর্ত্তের সাহায্যে পরীক্ষিত হয়। ফলতঃ উহারা উপরিস্থ এবং নিম্নস্থ জরিপের বন্ধনরেখা স্বরূপ। খনির ভিতরে এক বিভাগ (district) হইতে অন্য বিভাগে সংযোগ রাস্তা থাকিলে উহাই বন্ধনরেখা হইবে। জরিপকারী এবম্বিধ সুবিধা যেন কখনই পরিত্যাগ না করেন। কারণ উহাদের সাহায্যে প্রধান ট্রাভার্সের রেখাসমূহের নির্ভুল জরিপ হইয়াছে জানিতে পারিলেই তিনি নিশ্চিন্ত হইতে পারেন; অন্ততঃ নিশ্চয়ই কোথাও ভুল হইয়াছে বুঝিতে পারেন।

লৌহের সান্নিধ্য (presence of iron)।

কোন ষ্টেসনের নিকট লৌহ থাকিলে যদি তাহাকে দূরবর্ত্তী লৌহশূন্য স্থান হইতে দেখা যায়, তবে প্রথমোক্ত ষ্টেসনে যন্ত্র বসাইয়া সূক্ষ্মভাবে মুক্তশলাকা দ্বারা জরিপ হওয়া সম্ভব। প্রথমে লৌহশূন্য স্থান হইতে বিয়ারিং লইলে কার্য্য অত্যন্ত সহজেই হইবে।

যথা মনে কর, ক, খ, গ, ঘ রেখার ট্রাভার্স করিতে হইবে, এবং কেবল ক বিন্দুর নিকটে লৌহ নাই।

ক বিন্দুতে যন্ত্র বসাও, এবং কখ এর বিয়ারিং পাঠ কর; উহা এন্ ৮২° $\frac{১}{২}$ ডব্‌লিউ হইল।

যন্ত্র উঠাইয়া খ বিন্দুতে বসাও, এবং পশ্চাদ্দিকে ক বিন্দুকে ডায়ালের এন্ এস্ রেখায় কর্ত্তন করিয়া বিয়ারিং লও।

পাঠ যদি এন্ ৮১° $\frac{১}{২}$ ডব্‌লিউ হয়, তাহা হইলে বুঝা যায়, নিশ্চয়ই লৌহের আকর্ষণে শলাকা এক ডিগ্রি পশ্চিমে সরিয়া গিয়াছে। ইহা স্মরণ রাখিয়া খগ এর বিয়ারিং লও। মনে কর, ইহা এন্ ৪৪° ই হইল। ইহার যথার্থ বিয়ারিং এন ৪৩°ই।

ডায়াল গ বিন্দুতে বসাও।

ঐখানে পাঠ এন্ ৪৪° $\frac{১}{২}$ ই হইল। অতএব শলাকা যথাস্থান হইতে ১° $\frac{১}{২}$ পশ্চিমে আকৃষ্ট হইয়াছে।

গঘ এর বিয়ারিং পাঠ কর ; উহা এস্ ৬৫ ' ই হইল। উহাকে সংশোধন করিয়া এস্ ৬৬° $\frac{১}{২}$ ই লেখ। এইরূপে কার্য্য করিতে হইবে।

যদি ট্রাভার্সের কোনও একটী ষ্টেসনের নিকট লোহ না থাকে, তবে পূর্ব্ব কার্য্যে ভুল হইয়াছে কি না ঐ স্থানেই পরীক্ষা করা যাইতে পারে।

এই উপায়ে কার্য্য করা যায় বটে, তত্রাচ উহা সুপ্রণালী নহে। কারণ ইহাতে অত্যন্ত সহজেই যোগবিয়োগে ভুল হয়, এবং খুব সতর্ক জরিপকারীও সময়ে সময়ে দৈবাং ঐরূপ ভুল করিতে পারেন। অতএব লৌহের সান্নিধ্যে বদ্ধশলাকা দ্বারা জরিপ করাই সর্ব্বতোভাবে বিধেয়।

লৌহের সামীপ্য ব্যতীত অন্য কোন কার্য্যে মুক্তশলাকা দ্বারা জরিপ হইবে কি না বিবেচনা সাপেক্ষ।

পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে, মুক্তশলাকা দ্বারা জরিপে নির্ভুল কার্য্য আশা করা যায় না। কারণ শলাকার দৈনিক বলনবিকার হয়, এবং আরও ইহাতে সূক্ষ্ম পাঠ লওয়া আয়াসসাধ্য। এই যন্ত্রযোগে সুঁদ এবং কাঁথির কার্য্যে সীমাবদ্ধ ট্রাভার্সের অভ্যন্তরীণ দ্রব্যগুলির সুন্দররূপে সবিস্তারে জরিপ করা (interior filling in), এবং মালকাটার সুবিধার জন্য কেন্দ্ররেখার দাগ দেওয়া যায় ; কিন্তু হলেজ রাস্তায় এবং প্রধান রেখাসমূহে বদ্ধশলাকাযুক্ত কম্পাস ব্যবহার করা উচিত।

দুইটী ষ্টেসনের মধ্যবর্ত্তী দূরত্ব অধিক হইলে বদ্ধশলাকাযুক্ত কম্পাসের উপর নির্ভর করা সদ্বিবেচনার কার্য্য নহে। এস্থলে এবং মধ্যে মধ্যে প্রধান রেখাগুলি পরীক্ষা করিতে ও সর্ব্বদা অভীষ্ট স্থানে প্রয়োজনীয় বোর-গর্ত্তের দাগ দিতে থিয়োডোলাইট খনির ভিতর লইয়া যাইবে।

পঞ্চম অধ্যায়ের প্রশ্নমালা।

১। খনির ভিতরে মুক্তশলাকা দ্বারা জরিপ করিতে হইলে কোন্ কোন্ বিষয়ে সাবধান হইতে হয়?

২। মুক্তশলাকা দ্বারা জরিপ করিতে প্রকৃত এবং চৌম্বক মধ্যরেখার মধ্যে কোন্টী ব্যবহার করা ভাল? উহার কারণ দেখাও।

৩। যে স্থানে লৌহ আছে তথায় ট্রাভাস জরিপ করিতে কিরূপে মুক্তশলাকা ব্যবহার করিবে বর্ণনা কর।

৪। মুক্তশলাকাজরিপোপযোগী একটী ডায়ালের নিম্মাণ কৌশল বর্ণনা কর।

৫। এস্ ৪০° ডব্লিউ পাঠ দেখাইয়া দৃষ্টিফলকসহ ডায়াল পৃষ্ঠ অঙ্কিত কর।

৬। নিম্নলিখিত জরিপটা নক্সা কর। ইহার সপ্তম রেখা আরম্ভ বিন্দুতে মিলিবে। ঐ রেখার বিয়ারিং ও দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

ষ্টেসন্।	বিয়ারিং।		দূরত্ব।
১	এন্ ৪৫° ই	...	৩৩৫
২	এন্ ৭৭ $\frac{১}{২}$° ডব্লিউ	...	১৫৮
৩	এন্ ৩১° ই	...	৪২৫
৪	এস ৬০° ডব্লিউ	...	৭১৫
৫	এস্ ৪২ $\frac{১}{২}$° ই	...	২৩১
৬	এস ৬৩ $\frac{১}{৪}$° ডব্লিউ	...	৩৩৮

৭। যদি কোন স্থানের চৌম্বক বলন ১° ০৭′ ৩০″ ই দৃষ্ট হয়, তবে নিম্নলিখিত মুক্তশলাকা দ্বারা জরিপে পর পর বিয়ারিংগুলি বলন সংশোধন করিলে কত হইবে গণনা কর:—

এন্ ৮২° ই

এস্ ৪ $\frac{১}{৪}$° ই

এস্ ৫২° ০৬′ ৩০′ ডব্লিউ

এন্ ৫° ০০′ ৩০″ ডব্লিউ।

৮। নিম্নলিখিত জরিপটী ১০০ ফুট=এক ইঞ্চি মানানুসারে অঙ্কিত কর ঃ—

২৫০ সুঁদ মুখ।

২১০

১৪৮

৭৬

এন্ ৪৩° ৩/৪ ডবলিউ

(০)

(০)

২১৫

১৪৫

৮২

এন্ ৪৭' ডব্লিউ

(০)

(০)

১৫০

আস্তাবল পর্যন্ত গিয়াছে

৭৫

এস ৪৫° ১/২ ই

(০)

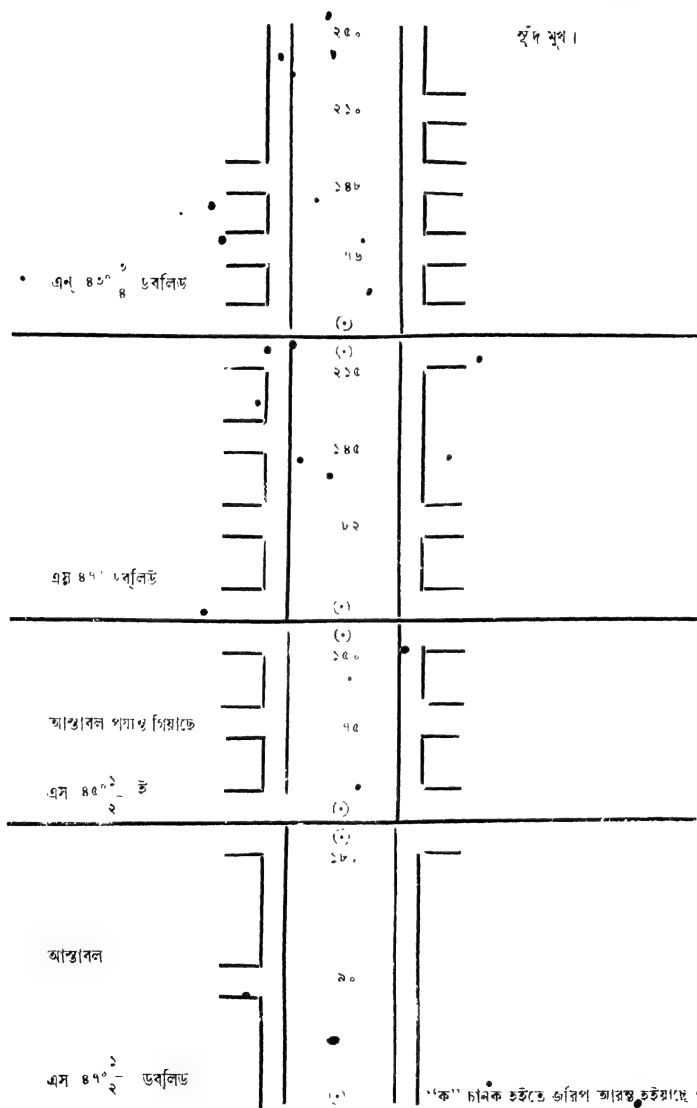
(০)

১৮০

আস্তাবল

৯০

এস ৪৭° ১/২ ডব্লিউ

(০) "ক" চানক হইতে জরিপ আরম্ভ হইয়াছে।

ষষ্ঠ অধ্যায়।

বদ্ধশলাকাজরিপ (fixed needle survey)।

ভূমিরেখা (base line)।

মুক্তশলাকা অপেক্ষা বদ্ধশলাকা দ্বারা জরিপের উপর অধিক নির্ভর করা যায়। কারণ উহাতে কার্য্য অনেকটা নির্ভুল হয়। বৃহৎ খনিতে শলাকা মুক্ত করিয়া জরিপ করিলে বলনবিকার ইত্যাদির জন্য প্রত্যেক রেখার বিয়ারিংএ বিভিন্ন ও অনিশ্চিত পরিমাণ ভুল হয়। সুতরাং নক্সা নির্ভুল হয় না। ফলে দুর্ঘটনা হইতে পারে। কাজেই ঐ স্থানে শেষোক্ত উপায়ে জরিপ করাই বিধেয়। যে রেখা জরিপ হইয়া গিয়াছে তাহাকে পরবর্ত্তী রেখার জন্য ভূমিরেখা করা এই জরিপের মূলতত্ত্ব। একটা জানা রেখা হইতে অর্থাৎ যাহা নক্সায় অঙ্কিত আছে অথবা যাহাকে সহজে নক্সায় অঙ্কিত করা যায় তাহা হইতে প্রতিদিন কার্য্য আরম্ভ করিতে হইবে। দৈনিক কার্য্য উহাই "আদি ভূমিরেখা" (original base line)।

খনিতে প্রথম কার্য্য আরম্ভ করিবার সময় একটী অথবা দুইটী চানকের মধ্য দিয়া খনির ভিতরে একটী ভূমিরেখা পাত করা হয়। উহাই খনির সমস্ত জরিপ কার্য্যের আদি ভূমিরেখা। চালে অথবা তলিতে গর্ত্ত কিম্বা খুঁটা দ্বারা উহার স্থায়ী চিহ্ন রাখা হয়। ঐ রেখাই উপরিস্থ ভূমিতে অন্ততঃ তিনটী পাকা পিল্‌পা দ্বারা স্থায়িভাবে চিহ্নিত হয়। অতএব যদিও খনির ভিতরে চিহ্ন নষ্ট হইয়া যায়, তত্রাচ উপরের পিল্‌পার সাহায্যে যে কোন সময়ে নিম্নস্থ প্রধান রেখা সমূহের পুনর্জরিপ হইতে পারে। উপরিস্থ ভূমিরেখা খনির ভিতরে পাত করিবার কিম্বা ঐ দুই রেখার মধ্যে কত কোণ জাত হইয়াছে তাহা নির্ণয় করিবার উপায় পরবর্ত্তী অধ্যায়ে বর্ণিত হইবে।

কোন কোন জরিপকারী মুক্তশলাকা দ্বারা স্থিরীকৃত চৌম্বক মধ্যরেখাকেই দৈনিক কার্য্যের জন্য ভূমিরেখা ধরিয়া উহা হইতেই বদ্ধশলাকা জরিপ করিয়া থাকেন। এই উপায় কিয়ৎ পরিমাণ সন্তোষজনক. কিন্তু পঞ্চম অধ্যায়ে ব্যাখ্যা করা হইয়াছে যে, দৈনিক বলনবিকারের জন্য ঐরূপ ভূমিরেখার দিক পরিবর্ত্তন হয়। অতএব চৌম্বক মধ্যরেখাকে ভূমিরেখা করিলে জরিপে ভুল হইবে, এবং ঐ ভুল সমস্ত জরিপে প্রত্যেক স্থানেই হইতে থাকিবে। খনির চাল এবং তলি খারাপ থাকিলে, অথবা যেমন কয়লা নিঃশেষ হইতেছে তেমনই উহারা ক্রমশঃ অবনত কিম্বা উন্নত হওয়ার নিমিত্ত স্থায়ী দাগ রাখা অসম্ভব হইলে, মুক্তশলাকা-জরিপের প্রয়োজন হয়। কার্য্যের প্রারম্ভে ডায়ালের দৃষ্টিফলককে এন্ এস্ রেখা হইতে বলন পরিমাণ সরাইয়া আবদ্ধ করিয়া লইলে প্রকৃত মধ্যরেখাকে ভূমিরেখা

করা চলে। কিন্তু চাল এবং তলিতে স্থায়ী চিহ্ন রাখা সম্ভব হইলে যে রেখাকে সর্ব্বশেষে জরিপ করা হইয়াছে তাহাকে, অথবা অন্ততঃ একটী জানা রেখাকে, যে কোন দিবসের কার্য্যের জন্য ভূমিরেখা করাই শ্রেয়ঃ।

পরবর্ত্তী রেখার জন্য পূর্ব্ববর্ত্তীকে শূন্যরেখা অথবা ভূমিরেখা করিয়া বদ্ধ-শলাকাজরিপের প্রণালী নিম্নে বিবৃত হইল :—

পর পর ভূমিরেখার প্রণালী (method of successive base lines)।

মনে করা যাউক, ক হইতে আরম্ভ করিয়া কখ, খগ, গঘ ইত্যাদি রেখার জরিপ করিতে হইবে, এবং ০ ক রেখার দিক জানা আছে, ও উহা নক্সায় অঙ্কিতও হইয়াছে। জরিপকারী ক বিন্দুতে যন্ত্র বসাইবেন। পরে ভার্ণিয়ারে ০° অথবা ৩৬০° পাঠ আছে কি না, অর্থাৎ উহার তীরচিহ্ন মূল মানের ০° এর সহিত মিলিত হইয়াছে কি না, পরীক্ষা করিবেন। কোন কোন যন্ত্রে ভার্ণিয়ারকে শূন্যতে বাঁধিবার জন্য পিন্ থাকে। কোণ মাপিবার ঠিক পূর্ব্বেই পিন্ খুলিয়া লইয়া তিনি পশ্চাদ্দিকে ০ ষ্টেসন্‌কে দেখিলেন। ওরূপ দেখাকে ইংরাজীতে back sight বলে। ডায়ালের দৃষ্টিফলকদ্বয়ের উপরের অথবা নীচের যে কোন অংশস্থিত দৃষ্টিপথ ব্যবহার করা যাইতে পারে, অবশ্য অগ্রবর্ত্তী ও পশ্চাদ্বর্ত্তী ষ্টেসন্ দ্বয়কে একই দৃষ্টিপথের মধ্য দিয়াই দেখিতে হইবে। এখন যন্ত্র দ্বারা যত দূরে দ্রব্যকে দেখা এবং কর্ত্তন করা যায়, ততদূরে সহকারীকে একটী সুবিধামত স্থানে পাঠাইতে হইবে। সহকারী ঐ স্থানে একটী দাগ করিয়া উহার নিম্নে রসি দ্বারা ওলন ঝুলাইয়া রসির পশ্চাতে বাতি ধরিবেন। জরিপকারী ডায়ালের চক্রবালীয় বৃত্তকে ক্ল্যাম্প দ্বারা আবদ্ধ করিয়া যন্ত্রে যদি পিন্ থাকে খুলিয়া লইবেন। পরে ভার্ণিয়ার আবদ্ধ করিবার স্ক্রু খুলিয়া দিবেন, এবং দৃষ্টিফলককে ডানদিকে ঘুরাইয়া সহকারীর বাতি দেখিতে চেষ্টা করিবেন। উহাকে মোটামুটি কর্ত্তন করিয়া ভার্ণিয়ার আবদ্ধ করিবার স্ক্রু আঁটিয়া দিবেন, এবং স্পর্শনা অথবা সূক্ষ্মগতিদায়ক স্ক্রু দ্বারা বাতিকে ঠিক কর্ত্তন করিবেন। তৎপরে তিনি কোণ পাঠ করিয়া পুস্তকে লিখিবেন। উহাই ০কখ কোণ, এবং উহা চক্রবালীয় বৃত্তের বিভাগানুযায়ী দক্ষিণাবর্ত্তে অথবা বামাবর্ত্তে পরিমিত হইয়াছে।

পুস্তকে কোণ লিখিত হইবার পর দৃষ্টিফলক ঘুরাইবে, (উহাদিগকে সর্ব্বদা দক্ষিণে ঘুরান উচিত) এবং পশ্চাতের ষ্টেসন্ ০ কে পুনরায় দেখিবে। এখন ভার্ণিয়ার পুনঃ শূন্য পাঠ দিবে। নতুবা বুঝিতে হইবে ডায়াল নিশ্চয়ই কোনরূপে সামান্য আবর্ত্তিত হইয়াছে, অথবা প্রথমেই উহাকে যথারীতি স্ক্রু করা হয় নাই। অতএব কার্য্য পুনরায় করিতে হইবে। পশ্চাদ্দিকে দেখিয়া পুনর্ব্বার শূন্য পাঠ পাওয়া বিশেষ প্রয়োজনীয়, এবং এই জরিপে উহা পাইতে অবহেলা করা না হয়। ইহাতে কার্য্যে ভুল হইয়াছে কি না পরীক্ষা করা হইবে, এবং পরবর্ত্তী ষ্টেসনের কার্য্যের জন্য ভার্ণিয়ার নিশ্চয় শূন্যেতে বাঁধা থাকিবে।

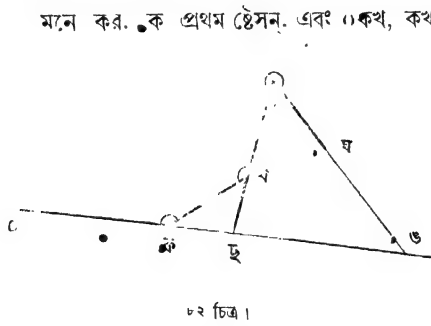
দক্ষিণাবর্ত্ত কম্পাসে প্রায় ২৭০°র সমান কোণ মাপিতে হইলে অনভিজ্ঞ জরিপকারী যন্ত্রকে বামে আবর্ত্তন করিবার লোভ সম্বরণ করিতে পারেন না; কারণ উহাতে যন্ত্রকে কেবল প্রায় এক সমকোণে ঘুরাইতে হয়, অন্যথা দক্ষিণে প্রায় তিন সমকোণে ঘুরাইতে হয়। তাঁহারা বামাবর্ত্ত ডায়ালে ঐ দিকেই কোণ মাপা হয় বলিয়া ঐ যন্ত্রকেও বামে আবর্ত্তন করেন। দৃষ্টিফলককে ঘুরাণর বিষয় ছাত্রদিগকে সতর্ক করা নিষ্প্রয়োজন। উহাকে যদি বামে ঘুরাণ হয়, এবং সহজে ঘুরাণ না যায়, তবে তেপায়া হইতে যন্ত্র খুলিয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে। ফলতঃ কার্য্যে আর এক প্রকার ভুল হইতে থাকে, এবং ঐ ভুল দৃষ্টিফলককে পশ্চাদ্ভাগে ঘুরাইয়া শূন্যতে আনিবার সময় প্রকাশ পায় না; কারণ উহাকে দক্ষিণে ফিরাইবার কালে কম্পাস পুনরায় আঁটিয়া যায়।

তৎপরে, পশ্চাদ্দিকে ০ ষ্টেসন্‌কে কর্ত্তন করিয়া, এবং ভার্ণিয়ারের তীর শূন্যতে আসিয়াছে কি না পরীক্ষা করিয়া ডায়াল ঘুরিয়া না যাওয়া প্রমাণ হইলে, যন্ত্রকে উঠাইয়া অগ্রবর্ত্তী খ ষ্টেসনে লইয়া যাওয়া হয়। ক ষ্টেসনে ০কখ কোণ মাপিবার জন্য যাহা করা হইয়াছিল, এই ষ্টেসনেও কখগ কোণ মাপিতে সেই কার্য্যগুলি পুনরায় করিতে হইবে, এবং শেষে ককে কর্ত্তন করিয়া পূর্ব্ববৎ শূন্যবিন্দু পরীক্ষা করিবে। পরে যন্ত্রকে গ ষ্টেসনে স্থানান্তরিত করিবে। সমস্ত ষ্টেসনে এরূপ করিতে হইবে। আবশ্যক হইলে, যে কোন ষ্টেসনে শিকলের রেখার সহিত সমকোণে অথবা বক্রভাবে অবস্থিত রাস্তা থাকিলে, ষ্টেসনে কোণ মাপার সঙ্গে সঙ্গে, ঐ রাস্তার কেন্দ্ররেখার বিয়ারিং অথবা কোণ মাপা যাইতে পারে। পরে ঐ রাস্তা জরিপ করিবার সময় ঐ রেখা ভূমি রেখা রূপে ব্যবহৃত হইবে। ঋজু রেখাকে বর্দ্ধিত করিতে হইলে দৃষ্টিফলককে ১৮০° ঘুরাইবার প্রয়োজন হয় না। পশ্চাদ্দিকে দৃষ্টিফলকের একটী দৃষ্টিপথের সাহায্যে শূন্যরেখায় দেখিবে, এবং অন্যটী দ্বারা অগ্রভাগে দেখিলেই চলিবে। এরূপ স্থলে, অথবা কোন একটী পূর্ব্ব নির্দ্দিষ্ট কোণে রেখা পাত করিতে হইলে, সহকারী পূর্ব্বস্থিরীকৃত সঙ্কেতানুযায়ী তাঁহার বাতি যতক্ষণ না যথাস্থানে আইসে ততক্ষণ উহাকে ইতস্ততঃ সরাইবেন। যথাস্থানে আসিলে তথায় চিহ্ন রাখিবেন। চিহ্ন রাখিবার উপায় পঞ্চম অধ্যায়ে বর্ণিত হইয়াছে।

প্রত্যেক রেখা আদি ভূমিরেখার সহিত কত কোণ করে তাহা গণনা (reducing angles to the original base line)।

উপরোক্ত উপায়ে বদ্ধশলাকাজরিপ নক্সা করিতে হইলে অনভিজ্ঞ জরিপকারী প্রথম কোণটী নক্সা করিয়া উহার বাহুতে পরবর্ত্তী ষ্টেসনের দূরত্ব মাপিয়া বসান। তৎপরে গোল কোণ-অঙ্কনযন্ত্র সরাইয়া এই নূতন রেখাকে ভূমিরেখা করিয়া দ্বিতীয় কোণটী অঙ্কিত করেন। এরূপে প্রত্যেক ষ্টেসনে ঐ যন্ত্র বসাইয়া অগ্রবর্ত্তী ষ্টেসন নক্সা করেন। শিক্ষার্থীর পক্ষে এই পদ্ধতিতে কার্য্য করিবার প্রলোভন ত্যাগ করা শক্ত। উহাতে যে কেবল সময় নষ্ট হয় তাহা নহে। ঐ পদ্ধতিতে কার্য্য করিলে যন্ত্রকে

বারংবার উঠাইয়া পুনরায় বসাইবার নিমিত্ত রেখা টানিতে হয়। সুতরাং নক্সা রেখা দ্বারা পূর্ণ হইবে ; এবং যদি সূচাগ্র পায়া বিশিষ্ট (pin-point feet) যন্ত্র ব্যবহার করা হয়, তবে কাগজে অসংখ্য ছোট ছিদ্র হইবে, এবং নক্সা করিবার সময় অল্প অল্প ভুল ক্রমশঃ সঞ্চিত হইতে থাকিবে। কারণ যন্ত্রকে সঠিক বসান অসম্ভব। উপায়ান্তরে নক্সা করিবার পূর্ব্বে রেখা সকল উহাদের ভূমিরেখার সহিত যত কোণ করে তাহা হইতে ঐ রেখাগুলি আদি ভূমিরেখার সহিত কত কোণে অবস্থিত তাহা গণনা দ্বারা নির্ণয় করিতে হইবে। তাহা হইলে যন্ত্রকে পুনঃপুন উঠাইতে হইবে না। উহাকে উৎপত্তি বিন্দুতে (যে স্থানে প্রথমে যন্ত্র বসান হইয়াছিল) একবার মাত্র বসাইয়া উহার চতুর্দ্দিকে রেখা কিম্বা বিন্দু দ্বারা সমস্ত কোণের অল্প জোরে দাগ রাখিবে। পরে উৎপত্তি বিন্দু ও কোণ সূচক বিন্দু বা রেখা সংযোগ করিয়া যে রেখাগুলি হয় তাহাদের সমান্তরালে যথাক্রমে রেখা সকল টানিবে। এইরূপ করিলে পূর্ব্বোক্ত উপায়ের অসুবিধা নিরাকৃত হইবে।

রেখা সকল উহাদের ভূমিরেখার সহিত কত কোণ করে তাহা হইতে ঐ রেখাগুলি আদি ভূমিরেখার সহিত যত কোণে অবস্থিত তাহা গণনা দ্বারা নির্ণয় করিবার নিয়মটী অত্যন্ত সরল ; উহাকে সহজেই স্মরণ রাখা এবং দ্রুত প্রয়োগ করা যায়। একটী জ্যামিতির উদাহরণের সাহায্যে উহার সত্যতা প্রমাণ হয়। ৮২ম চিত্র দেখ। ইহাতে অধ্যায়ের প্রথমে বর্ণিত উদাহরণটীর অক্ষরগুলি রাখা হইয়াছে।

মনে কর, ক প্রথম ষ্টেসন, এবং ০কখ, কখগ, খগঘ ইত্যাদি কোণ পর পর পরিমিত হইয়াছে। কোণসমূহ দক্ষিণাবর্ত্তে মাপা হইয়াছে।

৮২ চিত্র।

এখন ক০ আদি ভূমিরেখার সহিত কখ, খগ, গঘ ইত্যাদি রেখা কত কোণ করিয়াছে তাহাই নির্ণয় করিতে হইবে।

০কখ কোণ পরিমিত হইয়াছে। অতএব উহা কত তাহা জানা আছে।

গখ এবং গঘ কে বর্দ্ধিত কর। উহারা ০ক রেখায় ছ এবং ঙ বিন্দুতে মিলিত হইল।

অতএব আমাদের কছগ এবং কঙগ কোণ নির্ণয় করিলেই চলিবে।

এখন ০কখ = কখছ + কছখ
সুতরাং কছখ = ০কখ - কখছ
= ০কখ − (১৮০° − কখগ)
= ০কখ + কখগ − ১৮০°।

অর্থাৎ গ বিন্দুতে পৌছাইতে যে দুইটী কোণ অতিক্রম করিতে হইবে তাহাদের যোগফল হইতে ১৮০° বাদ দিলেই আদি ভূমিরেখার সহিত খগ যত কোণ জাত করে পাওয়া যাইবে।

ঠিক এইরূপে আমরা দেখিতে পাই,

১৮০° + কঙগ = কছখ + খগঘ − ১৮০°।

কিন্তু কছখ পূর্ব্বে নির্ণীত হইয়াছে।

অতএব নিয়মটী এই :—

কোন একটী রেখা আদি ভূমিরেখার সহিত কত কোণ করে তাহা গণনা করিতে হইলে, ঐ রেখার ক্ষেত্র-পুস্তকে লিখিত কোণ, এবং পূর্ব্ববর্ত্তী রেখা ও আদি ভূমিরেখার অন্তর্গত গণিত কোণ, এই দুই কোণের যোগফল যদি ১৮০° র অধিক হয় তবে ১৮০° বাদ দিতে হইবে, এবং যদি কম হয় তবে ১৮০° যোগ করিতে হইবে।

এই নিয়মানুসারে কোণ গণনা করিবার পদ্ধতি একটী সহজ উদাহরণের সাহায্যে বুঝান হইবে। নিম্নে ক্ষেত্র-পুস্তকের এক পৃষ্ঠার নমুনা দেওয়া হইল। ছাত্রেরা উহার নক্সা করিবে।

	প	
	১০২	
৫ নং। ১৩৫ ০০′	ন	পশ্চাদ্ভাগে ধ কে কর্ত্তন কর
	ন	
	৯৩	
৪ নং। ২১১° ১৫′	ধ	পশ্চাদ্ভাগে দ কে কর্ত্তন কর
	ধ	
	৯৭	
৩ নং। ২৬৮° ৫৭′	দ	পশ্চাদ্ভাগে থ কে কর্ত্তন কর
	দ	
	১২৫	
২ নং। ১৭৭° ২১′	থ	পশ্চাদ্ভাগে ত কে কর্ত্তন কর
	থ	চানকের মধ্যভাগ কর্ত্তন
	৮৬	করিবে, উহা তএর ১৫৬
১ নং। ৯২° ৪৫′	ত	ফুট পশ্চাতে আছে।

রেখা সকল আদি ভূমিরেখার সহিত কত কোণ করে তাহার গণনা এই-রূপে হইবে :—

৯২°	৪৫′	....	১।
১৭৭°	২১′		
২৭০°	০৬′		
১৮০°	০০′		
৯০°	০৬′	....	২।
২৬৮°	৫৭′		
৩৫৯°	০৩′		
১৮০°	০০′		
১৭৯°	০৩′	....	৩।
২১১°	১৫′		
৩৯০°	১৮′		
১৮০°	০০′		
২১০°	১৮′	....	৪।
১৩°	০০′		
৩৩৫°	১৮′		
১৮০°	০০′		
১৬১°	১৮′	....	৫।

এই গণনার ১, ২, ৩, ৪ এবং ৫ নং কোণগুলি ক্ষেত্র-পুস্তকের ১, ২, ৩, ৪ এবং ৫ নং কোণ। ৮৩ম চিত্রে কোণ নক্সা করিবার প্রণালী প্রদর্শিত হইল। প্রথম ষ্টেসনে ক্ষুদ্র বৃত্ত বেষ্টিত কোণ সূচক ৬. ২. ৩. ৫ ইত্যাদি বিন্দু সমূহকে, এবং বৰ্দ্ধিত ভূমিরেখাকে পেন্‌সিলে অল্প জোরে টানিবে, তাহা হইলে উহাদিগকে অনায়াসে মুছিয়া ফেলা যাইবে।

চিত্রে ত উৎপত্তি বিন্দু অথবা প্রথম ষ্টেসন্, এবং ত৩ শূন্য রেখা। আদি ভূমিরেখায় সাবধানে গোল কোণঅঙ্কনযন্ত্র যথাযথ বসাইয়া উহার চতুর্দ্দিকে গণিত কোণ সমূহের দাগ (১, ২, ৩ ইত্যাদি) রাখা হয়। পরে যন্ত্র উঠাইয়া সমরেখাকর্ষণ ব্যবহার করা হয়।

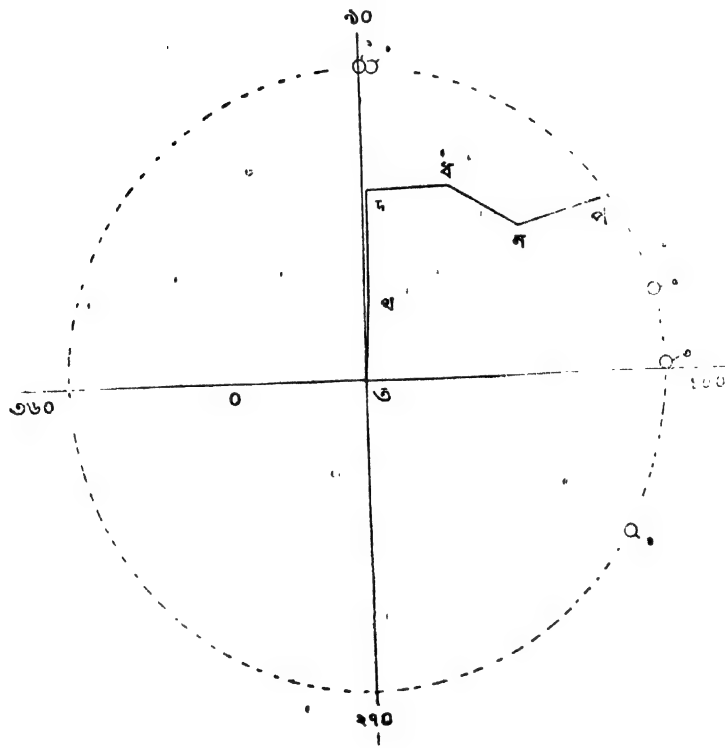
ত বিন্দুর মধ্য দিয়া তথ রেখা টানিতে হইবে, এবং রেখামানদণ্ডের সাহায্যে তথ এর দূরত্ব মাপিয়া সূক্ষ্ম সূচ্যগ্র কাগজে বিদ্ধ করিয়া থ বিন্দুর দাগ রাখিতে হইবে।

পরে রেখাকর্ষণটীর ঋজু ধার ত এবং ২ বিন্দু স্পর্শ করাইয়া স্থাপন করিবে। অতঃপর উহাকে থ প্রস্থ গড়াইয়া ঐ বিন্দু ভেদ করিয়া রেখা টানিবে।

ইহাতে থদ দিক পাওয়া গেল। থ হইতে দ বিন্দুর দূরত্ব মাপিয়া বসাইবে।

তৎপরে সমরেখাকর্ষণকে ত এবং ৩ বিন্দু স্পর্শ করাইয়া স্থাপন করিতে হইবে, এবং উহাকে দ পর্য্যন্ত গড়াইয়া দধ রেখা টানিতে হইবে। পরে ধ বিন্দু মানানুসারে মাপিয়া বসাইতে হইবে।

এইরূপে সমস্ত বিন্দু অঙ্কিত করিতে হইবে।

৮১ চিত্র। মান ২০০' ১".

সমস্ত রেখাই উৎপত্তি বিন্দু ত হইতে কোণ জ্ঞাপক ১, ২, ৩ ইত্যাদি বিন্দুর দিকে টানিতে হইবে। রেখা টানিবার সময় ১৮০° ভুল করা আশ্চর্য্যের বিষয় নহে, কিন্তু কার্য্যের প্রারম্ভে অভীষ্ট স্থানের যদি একটী মোটামুটি নক্সা (rough sketch) অঙ্কিত করা হয়, তবে ঐরূপ ভুল হয় না।

	৩।	
পাশের স্থান ১৭ ২৭৫°·৩৬'	(ঙ)	মুখ (FACE) ১০২ ঘ ভূমিরেখা, বদ্ধ রাস্তার কেন্দ্ররেখা।
	৮২০ ৬১৩ ৪১১ ২০৫ (ঘ)	মুখ ৮৮৫ চ খ চতুর্থ প্রকোষ্ঠের (PANEL) সীমারক্ষা (BARRIER) তৃতীয় প্রকোষ্ঠের সীমা রক্ষা বদ্ধ রাস্তার কেন্দ্ররেখা বর্দ্ধিত হইয়াছে।

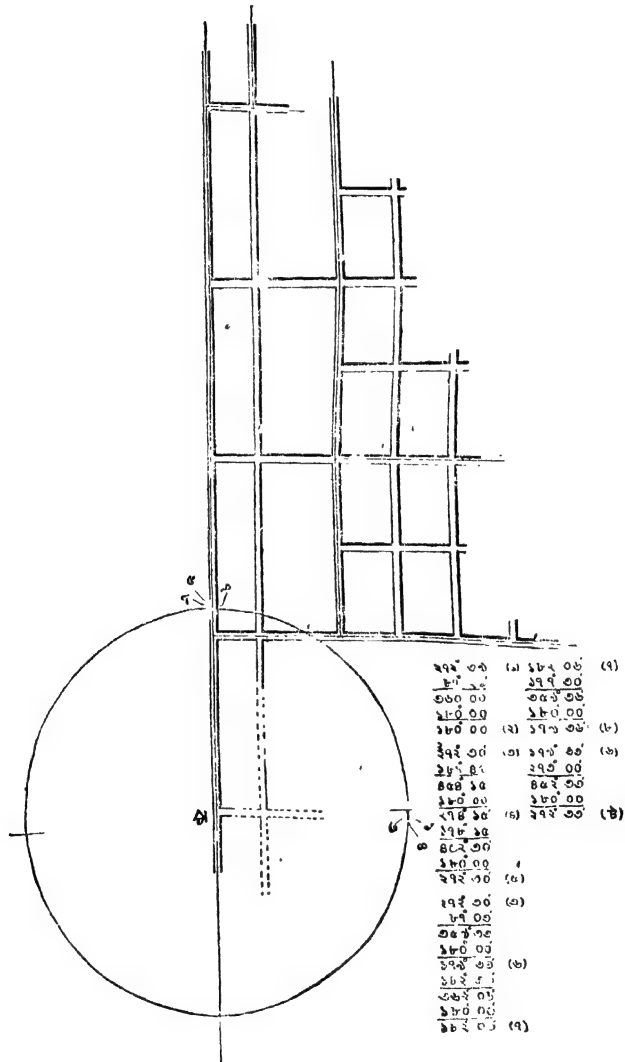
	১।	
৮। ১১৭° ৩০'	১০০	মুখ ২১৭ একটী কাঁথি ভেদ করিয়াছে। দূরত্ব ৭১ ট কর্ত্তিত হইয়াছে
৭। ১৮২° ৩০	২০৫ ১৮০ (ট)	একটী কাঁথি ভেদ করিয়াছে। দুইটী কাঁথি ভেদ করিয়াছে গ কর্ত্তিত হইয়াছে
৬। ৮৭° ০৩'	২০৬ ৪০২	ট হইতে ২৭৩ দুইটী কাঁথি ভেদ করিয়াছে। ৭১ এবং ১৪৩ ঘ কর্ত্তিত হইয়াছে
৫। ১৭৮° ১৫		মুখ ২৫ থ কর্ত্তিত হইয়াছে

নিম্নস্থ বদ্ধশলাকাজরিপ কিরূপে ক্ষেত্র-পুস্তকে লিখিত হয় তাহার নমুনা ৮৪ম চিত্রে দেওয়া হইল, এবং ৮৫ম চিত্রে উহার নক্সা করিবার প্রণালীও প্রদর্শিত হইল।

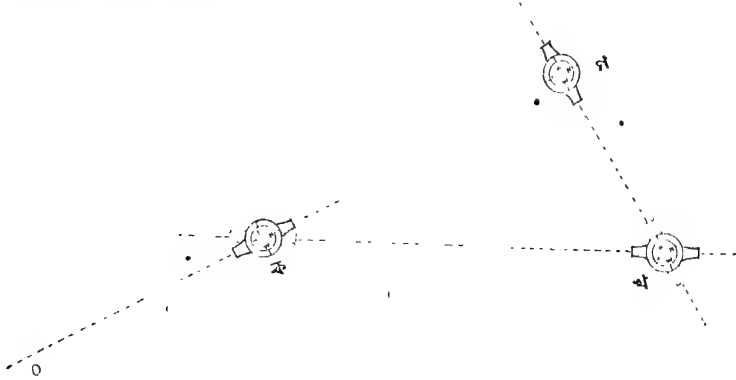
আদি ভূমিরেখা বক্ষা করিয়া কার্য্য করিবার উপায় (method of retention of original base line)।

বদ্ধশলাকাজরিপে রেখাগুলি উহাদের ভূমিরেখার সহিত যত কোণ করে তাহা হইতে ঐ রেখা সকল আদি ভূমিরেখার সহিত কত কোণ জাত করিবে গণনা করিতে কিছু সময় অপব্যয় হয়। তজ্জন্য কোন কোন জরিপকারী এরূপ উপায় অবলম্বন করেন যাহাতে রেখা সমূহ আদি ভূমিরেখার সহিত যত কোণ করে তাহা আপনা হইতেই নির্ণীত হইয়া যায়। পূর্ব্বমত মনে কর, ক০ শূন্যরেখা, এবং কখ, খগ, গঘ ইত্যাদি রেখার জরিপ করিতে হইবে। যন্ত্র কতে বসান হইল, এবং ভার্ণিয়ারের শূন্য (তীর) মূল মানের শূন্যতে আছে কি না পরীক্ষা করা হইল। পরে

৮৪ চিত্র—খনির ভিতরস্থ বদ্ধশলাকাজরিপের ক্ষেত্র পুস্তক হইতে পর পর তিন পৃষ্ঠা।

দৃষ্টিফলককে ইতস্ততঃ ঘুরাইয়া যন্ত্রের শূন্যরেখা (এন্ এস্ রেখা) দ্বারা ০ ষ্টেসনকে কর্ত্তন করিয়া চক্রবালীয় বৃত্তকে আবদ্ধ করা হইল।

৮৫ চিত্র—উহা কিরূপে নক্সা করা হইয়াছে তাহা সূক্ষ্ম রেখাগুলি দ্বারা সূচিত হইতেছে। নক্সা সম্পূর্ণ হইলে সূক্ষ্ম রেখাগুলি মুছিয়া ফেলা হয়। মান ২০০ = ১।

অতঃপর ভার্ণিয়ার স্ক্রুকে আল্‌গা করতঃ দৃষ্টফলককে ঘুরাইয়া খকে মোটামুটি কর্ত্তন করিবে। তৎপরে ভার্ণিয়ার ক্ল্যাম্প দ্বারা আবদ্ধ করিবে, এবং স্পর্শনীস্ক্রুর সাহায্যে খকে সঠিক কর্ত্তন করিবে। কোণ পাঠ করিয়া পুস্তকে লিখিবে। এখন ভার্ণিয়ার স্ক্রুকে কোন মতে আল্‌গা না করা হয়; কিন্তু যন্ত্রে ০কখ কোণের পাঠ বাঁধিয়া রাখিয়া উহাকে খ বিন্দুতে স্থানান্তরিত করিতে হইবে।

খ ষ্টেসনে যন্ত্র বসাইয়া ভার্ণিয়ার স্পর্শ না করিয়া যন্ত্রের চক্রবালীয় বৃত্তকে আল্‌গা করিবে, এবং সমস্ত ডায়ালকে আবর্ত্তন করতঃ উহার দৃষ্টিরেখা ঠিক খক দিকে রাখিবে। এক্ষেত্রে পশ্চাদ্দিকে ককে দেখিতে হইলে ক হইতে খকে যে দৃষ্টিপথের মধ্য দিয়া দেখা হইয়াছিল তাহা ব্যবহার না করিয়া দৃষ্টিফলকের অন্য দৃষ্টিপথ ব্যবহার করিবে।

৮৬ চিত্র।

ইহাতে দেখা যাইতেছে (৮৬ম চিত্র দেখ), কতে কম্পাস যে দিকে ছিল খতেও সেই দিকে আছে। সুতরাং যখন কতে যন্ত্র বসান হইয়াছিল, তখন উহার শূন্যরেখা যে দিকে ছিল ডায়ালের এখনকার শূন্যরেখা (এন্ এস্ রেখা) তাহার সহিত সমান্তরালে আছে। অর্থাৎ ডায়াল খতে আদি ভূমিরেখার সমান্তরালে বসান হইয়াছে। এখন ডায়ালে যে কোন কোণ মাপা যাইবে তাহাই আদি ভূমিরেখার সহিত কোণ হইবে।

চক্রবালীয় বৃত্তকে ক্ল্যাম্প দ্বারা আবদ্ধ করিয়া ভার্ণিয়ার স্ক্রু আল্‌গা করিবে। পরে ক হইতে ০ কে এবং খকে ফলকদ্বয়ের যে দৃষ্টিপথের মধ্য দিয়া দেখা হইয়াছিল তাহা দ্বারাই পরবর্ত্তী বিন্দু গকে (যন্ত্র দক্ষিণাবর্ত্তে ঘুরাইয়া) কর্ত্তন করিবে। ভার্ণিয়ার ক্ল্যাম্প করিয়া কোণ পাঠ করিবে।

এখন ভার্ণিয়ার স্ক্রুকে কোনমতে আলগা না করিয়া যন্ত্রে কখগ কোণের পাঠ বাঁধিয়া উহাকে গ বিন্দুতে স্থানান্তরিত করিতে হইবে। গ ষ্টেসনে যন্ত্র বসাইয়া ভার্ণিয়ার স্পর্শ না করিয়া চক্রবালীয় বৃত্তকে আল্‌গা করিবে; এবং সমস্ত ডায়ালকে আবর্ত্তন করতঃ পশ্চাদ্দিকে খ বিন্দুকে দেখিবে। এখন ডায়ালের শূন্যরেখা ক০ এর সমান্তরাল হইল।

এইরূপে কার্য্য করিলে প্রত্যেক রেখা আদি ভূমিরেখার সহিত কত কোণ করে তাহা কোনরূপ হিসাব ব্যতীত যন্ত্র হইতে পাঠ করা যায়।

এই উপায় যদিও কৌশলময় তথাপি প্রথমে বর্ণিত উপায়ের তুলনায় নিকৃষ্ট: কারণ ইহাতে দৃষ্টিফলকের পূর্ণাবর্ত্তন হয় না, কাজেই উহা পুনরায় শূন্যবিন্দুতে ফিরিয়া আসে কি না পরীক্ষিত হয় না। সুতরাং দৈবাৎ যন্ত্রটী সরিয়া যাওয়ার কিম্বা প্রথমে তেপায়াতে উত্তমরূপে স্ক্রু না করার জন্য যদি কোন ভুল হয় তাহা প্রকাশ পায় না, এবং একবার ঐরূপ ভুল হইলে উহা সমস্ত জরিপ ব্যাপিয়া থাকিয়া যায়। বহুদর্শী জরিপকারী মাত্রই একটী কোণ মাপিয়া শূন্যবিন্দু পরীক্ষা করিয়া থাকেন, এবং উহাতে ভুল হইলে দ্বিতীয়বার কোণটী দেখেন। কিন্তু অনভিজ্ঞ জরিপকারী এতটা কষ্ট স্বীকার করিতে ইচ্ছুক নন, যদিও ঐরূপ পরীক্ষা করা তাঁহাদের কর্ত্তব্য। পরন্তু প্রথম উপায়ে অফিসে বসিয়া গণনা দ্বারা আদি ভূমিরেখা হইতে কোণ সমূহ নিরূপণ করিতে যত সময় লাগে তাহা অপেক্ষা শেষোক্ত উপায়ে কোণ মাপিতে অধিক সময় আবশ্যক।

থিয়োডোলাইট দ্বারাও পূর্ব্ব বর্ণিত বদ্ধশলাকাজরিপ করা যায়। ঐ যন্ত্রযোগে দ্বিতীয় পদ্ধতি অনুসারে কার্য্য করিলে নির্ভুল কাজ সম্ভব নহে। কারণ উহাতে দূরবীণ্ উল্টাইতে (reversing) হইবে, এবং কোন কোন যন্ত্রে (যথা এভারেষ্টের যন্ত্র) ঐরূপ করিতে অনেক সময় লাগে, এবং বহুবিধ ভুল হয়।

বন্ধনরেখা সমূহ (tie lines)।

কতকগুলি বন্ধনরেখা দ্বারা জরিপ কার্য্য পরীক্ষা করার উপকারিতা পঞ্চম অধ্যায়ে বুঝান হইয়াছে। বদ্ধশলাকাযুক্ত ডায়াল এবং থিয়োডোলাইট দ্বারা জরিপে এরূপ পরীক্ষা প্রয়োগার্হ। উহার সুযোগ খনির ভিতরে সহজে পাওয়া যায় না। উপরিস্থ জরিপে সাধারণতঃ থিয়োডোলাইট ব্যবহৃত হয়, এবং প্রায়ই পরীক্ষা করিবার সুবিধাও উপস্থিত হয়। খনির ভিতরে সচরাচর নিম্নলিখিতরূপে বন্ধন-রেখা দ্বারা ট্রাভার্স সীমাবদ্ধ (closed traverse) করিয়া জরিপ পরীক্ষিত হয়:—

১। কয়লাস্তরের অবস্থা জানিবার জন্য প্রথমে দুইটী অনুসন্ধানকারী মূল সুঁদ (pair of prospecting headings) চালান হয়। উহারা কাছাকাছি এবং সমান্তরালে অবস্থিত। কয়লা নিঃশেষ করিবার জন্য দুইটী অগ্রগামী নিঃশেষ রাস্তাও (winning headings) চালান হয়। উহারাও অল্পদূরে এবং সমান্তরালে থাকে। সুঁদদ্বয়কে মধ্যে মধ্যে সংযুক্ত করিতে

এবং রাস্তাদ্বয়কেও ঐরূপ করিতে উহাদের সমকোণে ক্ষুদ্র যোজক রাস্তা সমূহ (stentons) চালিত হয়। মূল সুঁদদ্বয়ের মধ্যে অথবা প্রধান রাস্তাদ্বয়ের মধ্যে যেটী অগ্রগামী সেটীকে পুরোস্থান (fore place) বলে, অপরটীকে পশ্চাৎ স্থান (back place) বলে। পুরোস্থানে টব-গাড়ী চলে, পশ্চাৎ স্থানে চলে না। যোজক রাস্তাকে বন্ধনরেখা করিয়া পুরোস্থান এবং পশ্চাৎস্থান যথাদিক্কে চালিত হইতেছে কি না পরীক্ষিত হয়।

২। স্বচ্ছন্দগামী সুঁদের (bords) অর্থাৎ কয়লার সিউনি (cleat) অনুযায়ী যে দিকে সহজে উহাকে কাটা যায় সেইদিকে চালিত সুঁদের সহিত যখন উহার সমকোণে চালিত কষ্টগামী সুঁদ (walls) ভেদ (holings) করে, তখন ট্রাভার্স সীমাবদ্ধ করিয়া জরিপ পরীক্ষিত হয়।

৩। যে খনিতে দীর্ঘ প্রাচীর (long wall) নামক উপায়ে কার্য্য হইতেছে তথায় প্রবেশ পথ (gateways) অর্থাৎ যে স্থানে কয়লা কাটা হইতেছে তথা হইতে নির্গত ক্ষুদ্র রাস্তা যখন আনুপ্রস্থিক অগ্রগামী রাস্তার (cross headings) সহিত সংযুক্ত হয় তখন ট্রাভার্স সীমাবদ্ধ হয়।

৪। প্রধান উদাহরণঃ—যখন এক বিভাগের (district) জলসম সুঁদ (levels) অন্য বিভাগের ঐরূপ সুঁদ ভেদ করে (holings), তখন ঐগুলির সাহায্যে হলেজ রাস্তা সমুদয় যথাযথ ভাবে চালান হইয়াছে কি না জানা যায়।

চানক দ্বারা, কিম্বা ভূপৃষ্ঠ হইতে কয়লাস্তরে অথবা এক স্তর হইতে অন্য স্তরে বোর-গর্ত্তের সাহায্যে, সুন্দররূপে জরিপ কার্য্য পরীক্ষা করা যায়।

সীমাবদ্ধ ট্রাভার্সের (অর্থাৎ যে জরিপ কোন একস্থান হইতে আরম্ভ হইয়া সেই স্থানেই শেষ হইয়াছে closed traverse) যতগুলি কোণই থাকুক না কেন, উহার রেখা সমূহ দ্বারা যে বহুভুজ উৎপন্ন হইয়াছে তাহার অভ্যন্তরীণ কোণ সমূহ যোগ করিলেই কোণগুলি মাপ করিতে ভুল হইয়াছে কি না জ্ঞাত হওয়া যায়। দক্ষিণাবর্ত্ত যন্ত্রের সাহায্যে নিম্নলিখিত সীমাবদ্ধ ট্রাভার্স করা হইয়াছে। উহা সপ্তভুজক্ষেত্র। সমুদয় অভ্যন্তরীণ কোণ যোগ করিলে ২ × ৭ – ৪ সমকোণ অর্থাৎ ১০ সমকোণ কিম্বা ৯০০ হইবে।

শিকলের রেখা।	বিয়াবি।			দূরত্ব।	মন্তব্য।	অভ্যন্তরীণ কোণ।		
ক খ	২১৫°	০৬'	২০"	২২১	আদি ভূমিরেখা	১৪৪°	৪৩'	৪০"
খ গ	২৩০°	৩৯'	০০"	২৯৯		১২০°	২১'	০০"
গ ঘ	৩১৩°	২২'	৪০"	১৮৯		৪৬°	৩৬'	২০"
ঘ ঙ	৯২°	০৫'	০০"	২০৫		১৬৭°	৫৫'	০০"
ঙ চ	৩১১°	০১'	০০"	২০৭		৪৮°	২৯'	০০"
চ ছ	১৭৭°	২১'	৪০"	২১০		১৮২°	৩৮'	২০"
ছ ক	২৭১°	১৪'	৪০"	১২২		৮৮°	৪৫'	২০"

এখানে অভ্যন্তরীণ কোণগুলি যোগ করিলে ৮৯৯° ২৯′ ৪০″ হয় ; অতএব ৩০′ ২০″ অর্থাৎ প্রায় অর্দ্ধ ডিগ্রি ভুল হইয়াছে। যে স্থানে জরিপ হইতেছে তাহার কোন অংশে যদি ত্রিভুজ করিয়া কার্য্য পরীক্ষা করিবার সুবিধা থাকে, তবে ঐরূপ করিবে। কারণ গণিতানুসারে ত্রিভুজকে সহজেই সমাধান করা যায়। এই বিষয়ের অনুশীলন পূর্ব্বে দেওয়া হইয়াছে।

ষষ্ঠ অধ্যায়ের প্রশ্নমালা।

১। বদ্ধশলাকা দ্বারা এবং মুক্তশলাকা দ্বারা জরিপের প্রধান পার্থক্য বিবৃত কর।

২। ট্রাভাস জরিপে পর পর রেখাগুলি উহাদের ভূমিরেখার সহিত যত কোণ করে, তাহা হইতে ঐ রেখাগুলি আদি ভূমিরেখার সহিত কত কোণ করিবে তাহা গণনা দ্বারা কিরূপে নির্ণয় করিবে ?

৩। কোন্ স্থলে থিয়োডোলাইট, বদ্ধশলাকাডায়াল অথবা মুক্তশলাকাডায়াল ব্যবহৃত হয় ?

৪। এক শিক্ষানবীশের ক্ষেত্র-পুস্তকে এইরূপ লেখা আছে। ইহাতে স্পষ্ট ভুল কোনগুলি ?

(ক) রায় মহাশয়ের ত্রিভূজাকৃতি ক্ষেত্রের জরিপ :—

উত্তর কোণ হইতে দক্ষিণ-পশ্চিম কোণ (ভূমিরেখা), ২৭৯ ফুট।
দক্ষিণ-পশ্চিম কোণ হইতে দক্ষিণ-পূর্ব্ব কোণ ৮৬° ৯৮′, ৩৪২ ফুট।
দক্ষিণ-পূর্ব্ব কোণ হইতে উত্তর কোণ ৪৭° ২১′, ৬২৯ ফুট।

(খ) সা বাবুর পঞ্চবাহুযুক্ত ক্ষেত্রের জরিপ :—

খক ভূমিরেখা
খগ ১৩৬° ৫৭′, ৬৭ ফুট।
গঘ ১৪২° ১৫′, ১২৯ ফুট।
ঘঙ ৮৬° ০৬′, ১০০ ফুট।
ঙক ১২৫° ৩৩′, ১৯৭ ফুট।
কখ ২৮৩° ১৫′, ১৩১ ফুট।

৫। খনির ভিতরে কোন স্থানে বদ্ধশলাকাজরিপ করা হইয়াছে। উহাতে অন্ততঃ পাচটী কোণ আছে। উহার ক্ষেত্র-পুস্তক লেখ।

৬। নিম্নস্থ জরিপে কোন কোন্ স্থানে বন্ধনরেখা পাওয়া যায় ?

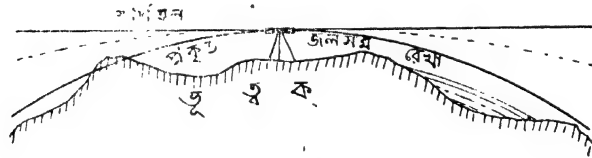
৭। একটী "ধোতের" (wash out) উভয় পার্শে একটী কয়লাখনির কাজ চলিতেছে। ধোতের প্রস্থ ১০০ গজ। এক পার্শ্ব হইতে ধোত ভেদ করিয়া অন্য পার্শ্বে উহার নিকটস্থ চানকে পৌছাইতে একটী ঋজু রাস্তা শীঘ্র চালাইতে হইবে। মনে কর, ধোতের উভয় পার্শ্বস্থ স্তর এক সমতলে আছে। রাস্তাটী কিরূপে চালাইবে সবিস্তারে বর্ণনা কর।

৮। বদ্ধশলাকাজরিপ কার্য্যের সঙ্গে সঙ্গে রেখা সকল আদি ভূমিরেখার সহিত কত কোণ করে তাহা কিরূপে গণনা ব্যতীত যন্ত্রে পাঠ করা যায় বর্ণনা কর। এই উপায়ের অসুবিধা কি ?

সপ্তম অধ্যায়।

জলসমীকরণ (levelling)।

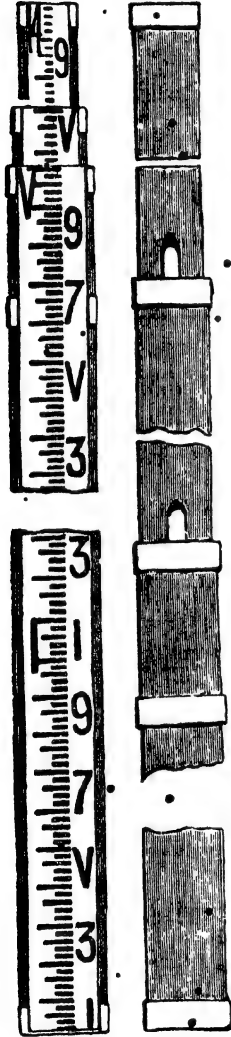
সংজ্ঞা (definition)।

জলসমীকরণ যন্ত্রের দৃষ্টিরেখা ক্ষিতিজতলে থাকে। সুতরাং যন্ত্রকে আবর্ত্তিত করিলে ঐ রেখা একটী ক্ষিতিজতল অনুসরণ করিবে, এবং ঐ তল যে রেখায় কোন দ্রব্যের সহিত মিলিত হয় সেই রেখার অবস্থান জলসমীকরণ পুস্তকে (level book) নির্দ্দেশ করিতে হইবে। জলসমীকরণ যন্ত্রযোগে (levelling instrument) বিভিন্ন বিন্দুর আপেক্ষিক উচ্চাবচতা নির্ণীত হয়। এই কার্য্যকে জলসমীকরণ বলে। পৃথিবী প্রায় গোল। অতএব যথার্থতঃ ভূপৃষ্ঠে দুই বিন্দুর উচ্চতার বিয়োগফল ভূকেন্দ্র হইতে উহাদের দূরত্বের বিয়োগফলের সমান। যন্ত্রের দৃষ্টিরেখানুসৃত তথাকথিত ক্ষিতিজতল বাস্তবিক ভূমণ্ডলের স্পর্শতল (tangent plane)। ফলে উহার সাহায্যে কোন এক বিন্দু অপেক্ষা অন্য একটীর উচ্চতা সকল সময়ে সঠিক নিরূপিত হয় না। আরও প্রকৃত দৃষ্টিরেখা ঋজু নহে। উহা রশ্মির বক্রীভবনের (refraction) জন্য বাঁকিয়া যায়। অতএব তথাকথিত ক্ষিতিজতল একটী বৃহৎ কাল্পনিক গোলকের অংশমাত্র। উহা যেখানে যন্ত্র বসান হইয়াছে তথায় ভূপৃষ্ঠ স্পর্শ করে। ৮৭ম চিত্রে প্রকৃত অবস্থা বর্দ্ধিত

৮৭ চিত্র।

করিয়া অঙ্কিত হইয়াছে। যাহা হউক, একটী খনি পৃথিবীর উপরিভাগের অতি ক্ষুদ্র অংশ ব্যাপিয়া থাকে বলিয়া খনিজরিপে ভূপৃষ্ঠকে সমতল ধরা যাইবে, এবং যন্ত্রানুসৃত ক্ষিতিজতল হ্রদের বা পুষ্করিণীর শান্ত জলপৃষ্ঠের সমান্তরাল বলিয়া গৃহীত হইবে

ডেটম্ (datum)।

জলসমীকরণে একটী ডেটম্ রেখা, অথবা বিশুদ্ধভাবে বলিতে গেলে একটী ডেটম্ সমতল কল্পনা করা হয়, এবং কোনও একটী বিন্দু অবলম্বসূত্রে উহার কত উপরে বা নিম্নে আছে নিরূপিত হয়। অতএব যে সকল বিন্দু জলসমীকৃত হইয়াছে তাহারা

লম্বভাবে একের তুলনায় অন্যটী কত উচ্চে বা নীচে আছে সহজেই বুঝা যায়। উদাহরণতঃ ডেটম্ হইতে ক যদি ১৪.৫৫ ফুট ঊর্দ্ধে এবং খ ২০.৩০ ফুট নিম্নে থাকে, তবে ক খ অপেক্ষা ৩৪.৮৫ ফুট উচ্চে আছে। এই উচ্চতাকে গণিত উচ্চতা (reduced level) বলে।

খনির জরিপে প্রায় এমন স্থানে ডেটম্ কল্পনা করা হয় যে, যে সকল স্থানে জল-সমীকরণ হইবে সেই স্থানগুলি উহার উপরে থাকে। এতদ্দ্বারা জলসমীকরণ পুস্তকে অথবা নক্সায় গণিত উচ্চতা সমূহ লিপিবদ্ধ করিতে ধন (+) ঋণ (−) চিহ্ন ব্যবহারের অসুবিধা নিরাকৃত হয়। অল্প অবনত স্তরে চানকের তলদেশ হইতে ২০০ ফুট নীচে ডেটম্ লওয়াই প্রশস্ত। অতএব একই কয়লাভূমির বিভিন্ন খনিতে ডেটম্, বোধ হয় (বোধ হয় কেন, নিশ্চয়ই), সম্পূর্ণ পৃথক হইবে। কিন্তু দুই বা ততোধিক স্বতন্ত্র খনির কার্য্য সমূহ পরস্পর কত উঁচু বা নীচু তাহা উহাদের ডেটম্ রেখাকে উপরিস্থ ভূমিতে একটী সাধারণ বিন্দুর, কিম্বা অর্ডন্যানস্ (ordnance) জরিপের বেঞ্চি-চিহ্ন (স্থায়ী চিহ্ন যাহার গণিত উচ্চতা জানা আছে bench mark) সমূহের সহিত তুলনা করিলে স্থির হইবে। জরিপ বিভাগের সরকারী কর্ম্মচারীগণ সুবিধামত স্থায়ী জায়গায় বেঞ্চি-চিহ্ন সকল স্থাপন করিয়াছেন। লিভারপুলস্থ সমুদ্রের মধ্যমজলপৃষ্ঠ (mean sea level) গ্রেট্‌ব্রিটেন দেশে অর্ডন্যানস্ জরিপের ডেটম্ রেখা, এবং করাচির নিকটস্থ তাদৃশ জলপৃষ্ঠই ভারতবর্ষের ডেটম্ রেখা।

উপরিস্থ জরিপে সচরাচর সপউইথের গজ (Sopwith staff) ব্যবহৃত হয়। উহা ১৪ ফুট লম্বা, এবং তিন টুকরায় বিভক্ত। এই টুকরাগুলি দূর-বীক্ষণের চুঙ্গীর মত বিন্যস্ত, অর্থাৎ একটীর ভিতর আর একটী থাকে। ৮৮ম চিত্র দেখ।

পরিমাণদণ্ড অথবা গজ (the levelling staff)।

৮৮ চিত্র—সপউইথের জলসমীকরণ গজ।

গজ ফুটে, উহার দশাংশে এবং শতাংশে বিভক্ত। গজে অঙ্কগুলি পাঠ করিতে ভাল করিয়া শিক্ষা করা আবশ্যক। কারণ যন্ত্রের ভিতর দিয়া গজের প্রতিচ্ছবিকে উল্টা দেখায়। সপউইথের গজে অঙ্কগুলি এরূপে লিখিত যে, জলসমীকরণ যন্ত্রের ক্ষিতিজকেশ (horizontal hair) যে অঙ্কের উপরিভাগের সহিত মিলিবে তাহাই উহার পাঠ হইবে, অর্থাৎ কেশ যদি কৃষ্ণবর্ণ ৭ এর উপরিভাগের সহিত মিলে তবে পাঠ এক ফুটের সপ্তদশমাংশ। ৭ এর তলদেশের সহিত মিলিলে ষড়দশমাংশ পাঠ জ্ঞাপন করিবে। গজে পর পর কাল এবং সাদা অংশ প্রত্যেককেই বিভক্ত করিয়া এক ফুটের শততমাংশ সূচিত হয়।

সম্মুখ চিত্র। পার্শ চিত্র।

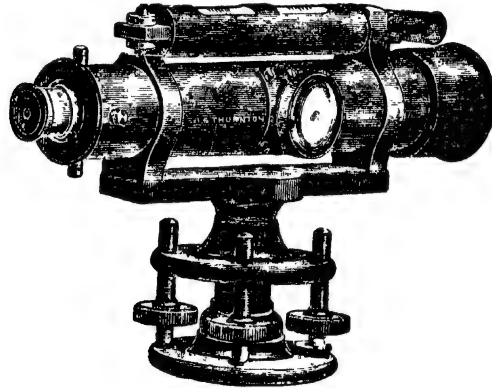
৯০ চিত্র—জীর জলসমীকরণ গজ।

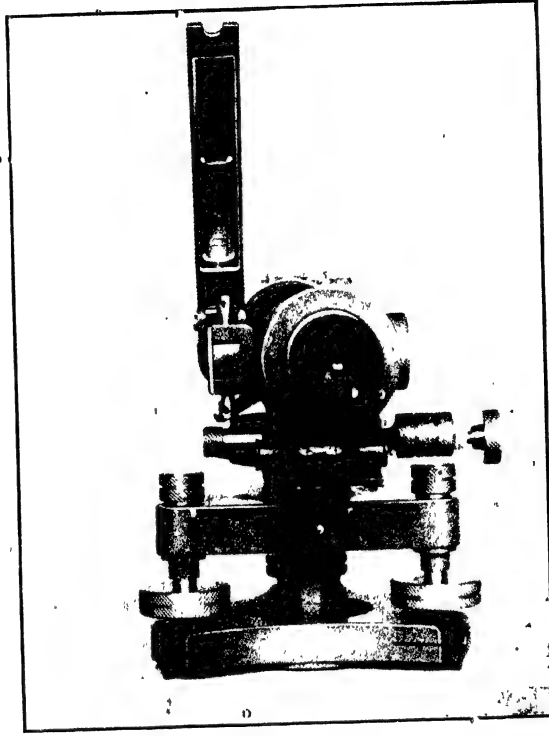
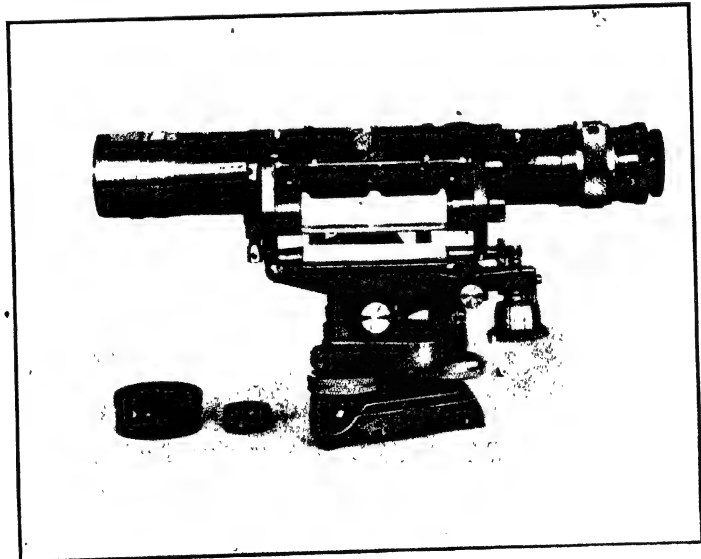
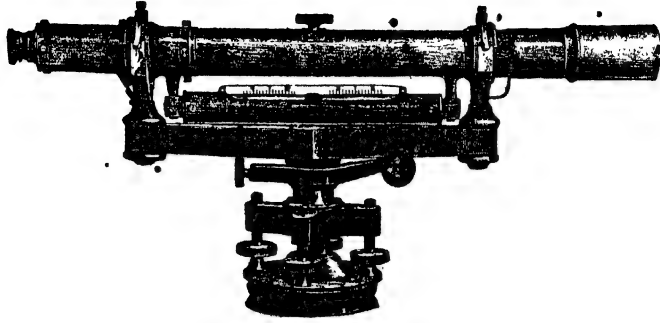
পাতলা স্তরে খনির ভিতরে সিটন ডেলাভালের গজ (Seaton Delaval staff) ব্যবহার করাই প্রশস্ত। ৮৯ম চিত্র দেখ। উহার প্রধান অংশটী ৩ ফুট লম্বা। উহাতে একটী ছোট অংশ আছে। ছোটটী বড়টীর ভিতর দূরবীক্ষণের চুঙ্গীর সদৃশ যাতায়াত করে। উহার সাহায্যে গজকে ৫·৭৫ ফুট পর্য্যন্ত বর্দ্ধিত করা যায়। ছোট অংশের ভাগ সমূহ উল্টাদিকে থাকে। অতএব উহাকে যখন এক ফুট বাহির করা হয়, তখন কেবলমাত্র ফুট নির্দ্দেশক লাল ৪ অঙ্ক বাহিরে আসে। সুতরাং গজকে ৩ ফুট পর্য্যন্ত সহজে পাঠ করা যায়। তিন ফুটের অধিক পাঠ করিতে হইলে ছোট অংশকে, যতক্ষণ না উহার উপরিভাগ যন্ত্রের ক্ষিতিজকেশের সহিত মিলে, ততক্ষণ বর্দ্ধিত করিয়া দুই অংশের সংযোগস্থলকে পাঠ করিবে। এই গজ-দ্বারা ৪ হইতে ৫$\frac{1}{2}$ ফুট উচ্চতা সহজে মাপ করা যায়। ৯০ম চিত্রে প্রদর্শিত জীর (Gee's) গজ অপেক্ষা ইহা দৃঢ়।

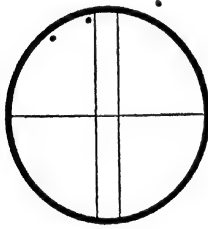
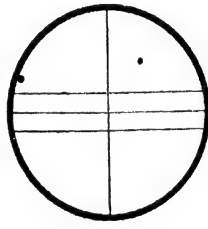
৮৯ চিত্র—সিটন ডেলাভালের জলসমীকরণ গজ।

জার গজে প্রধান অংশটী ৩ ফুট লম্বা। ইহাতেও সপডহথের গজের মত এক বা ততোধিক ক্ষুদ্র অংশ আছে। ক্ষুদ্র অংশে একটী চওড়া ফিতা থাকে। ফিতায় প্রচলিত প্রথায় অঙ্ক লিখিত। ক্ষুদ্র অংশকে ভিতরে প্রবেশ করাইলে বা বহিষ্কৃত করিলে ফিতা একটী কুণ্ডলীকৃত স্প্রীংএর সাহায্যে আপনা হইতেই সঙ্কুচিত ও প্রসারিত হয়। সহকারী ক্ষিতিজতলেই হউক বা ঢালু জায়গায় হউক সকল স্থানেই তাহার গজ অবলম্বসূত্র ধরিতে নিয়ত যত্নবান থাকিবেন গজ একবার একস্থানে বসাইলে কার্য্য শেষ না হওয়া পর্য্যন্ত উহাকে যেন সরান না হয়। এ বিষয় জরিপকারী বিশেষ লক্ষ্য রাখিবেন।

জলসমীকরণে সচরাচর ডাম্পি যন্ত্র (Dumpy level) ব্যবহৃত হয়। ইহাতে একটী দূরবীক্ষণ আছে। দূরবীক্ষণের উপরে একটী বুদ্বুদযুক্ত কাচের নল সংযুক্ত হয়। নল দূরবীক্ষণের একাক্ষরেখার (line of collimation) সমান্তরালে থাকে। সহজ দৃষ্টি অপেক্ষা দূরবীক্ষণ দ্বারা দূরবর্ত্তী দ্রব্য স্পষ্ট দেখা যায়। দূরবীক্ষণে উপনেত্রখণ্ডের (eye piece) সম্মুখে একটী ঝিল্লী (diaphragm) থাকে। উহাতে মাকড়সার সূতা কিম্বা হীরক চিহ্নিত (diamond engraved) কাচ সংযুক্ত হইলে একাক্ষরেখা পাওয়া যায়।

জলসমীকরণ যন্ত্র (the level)।

৯১ক চিত্র—ডাম্পি জলসমীকরণ যন্ত্র।

ঝিল্লী এবং বুদ্বুদযুক্ত নলে যে ক্যাপ্‌ষ্ট্যান (capstan) স্ক্রু সকল আছে সেইগুলির সাহায্যে উহাদিগকে ব্যবস্থিত (adjust) করা যাইতে পারে। ঝিল্লী ৯২ম (ক) চিত্রানুরূপ সরলাকৃতি হইবে, অথবা এইরূপ হইবে যে, উহা দ্বারা গজ পাঠ পূর্ব্বক কিছু গণনা করিয়া যন্ত্র হইতে গজ কতদূরে আছে অনায়াসে নির্ণয় করা যাইবে। শেষোক্ত প্রকার ঝিল্লীতে কেন্দ্ররেখার উপরে এবং নীচে সমান দূরে দুইটী অতিরিক্ত ক্ষিতিজকেশ (কেশ wire) থাকে। উহাদিগকে ষ্টাডিয়া-তার

৯১ক চিত্র—উৎকৃষ্ট ডাম্পি জলসমীকরণ যন্ত্র, ইহাতে বুদ্বুদযুক্ত নলকে দেখিবার জন্য অবনত দর্পণ আছে।

৯১ঘ চিত্র—ওয়াই জলসমীকরণ যন্ত্র।

(stadia wire) বলে। ৯২ (খ) চিত্র দেখ। উহাদের ব্যবধান এরূপ যে দূরবীণের ভিতর দিয়া দেখিলে গজে ঐ দুইটী তারের মধ্যে যে ব্যবধান থাকিবে তাহা যন্ত্র হইতে গজের ব্যবধানের শতত-মাংশ। অর্থাৎ গজে যদি তারের মধ্যে ১·৪৫ ফুট থাকে, তবে দর্শকের নিকট হইতে গজ ১৪৫ ফুট অন্তরে থাকিবে। অতএব এই উপায়ে শিকলের সাহায্য ব্যতীত দূরত্ব মাপ সম্ভব। যন্ত্রকে জলসম করিবার জন্য উহাতে ৪টী অথবা ৩টী পাদস্ক্রু (foot screw) থাকে। ৩টী স্ক্রুযুক্ত যন্ত্র অধিকতর উপ-যোগী। যন্ত্র যথাযথ ব্যবস্থিত হইলে উহার দূরবীক্ষণ যে কোন দিকে থাকুক না কেন, বুদ্বুদ্ উহার নলের ঠিক মধ্যভাগে থাকিবে। সহজে ও তাড়াতাড়ি যন্ত্রকে জলসম করিবার নিমিত্ত উহাতে একটী বুদ্বুদ্‌যুক্ত চাক্তি অথবা আড়ভাবে একটী ক্ষুদ্র বুদ্বুদ্‌যুক্ত নল দেওয়া থাকে।

৯২ক চিত্র। ৯২খ চিত্র।

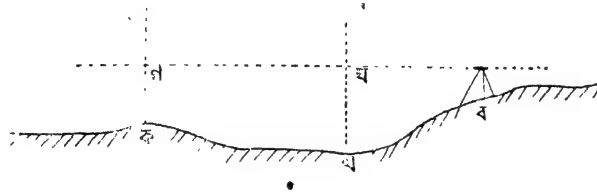
জলসমীকরণের উপকারিতা (utility of levelling) :

খনিতে জলসমীকরণের বিশেষ প্রয়োজন। উহা সাহায্যে ম্যানেজার খনির বিভিন্ন স্থানের আপেক্ষিক উচ্চতা স্থির করিয়া জল নিকাশের ব্যবস্থা করিতে পারেন ; একটী রাস্তায় স্বয়ং চালিত (self acting) প্রণালীতে গাড়ী টানিতে পারা যাইবে কি না স্থির করিতে পারেন ; অন্যান্য দ্রব্যের অবস্থিতি অনুসারে রাস্তা সমূহের স্থান নির্দ্দেশ করিতে ও উহাদিগকে কাগজে অঙ্কিত করিতে পারেন ; এবং দৃষ্টিমাত্রই একটী "স্ফীতির" (swally) অপর পার্শ্বে কয়লা আছে কি না নির্ণয় করিতে পারেন, ও সহসা খাদে অত্যন্ত জল হইলে ঐ পার্শ্ব বিচ্ছিন্ন হইবে কি না, তাহাও স্থির করিতে পারেন।

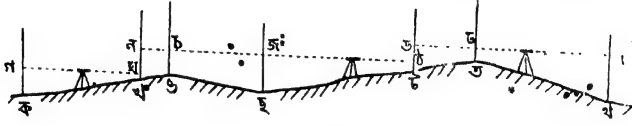
নানা স্থানের গণিত উচ্চতা (ডেটম্ সমতল হইতে উচ্চতা reduced level) নক্সায় লিখিয়া রাখা যুক্তিযুক্ত, যদিও ঐগুলি ঐ সময়ে আবশ্যক নাও হইতে পারে। অনেক সময়ে দেখা গিয়াছে, একটী পুরাতন নক্সায় গণিত উচ্চতা লিখিত থাকাতে পরে বিশেষ লাভ হইয়াছে; যথা একটী নিঃশেষিত স্তরের উপরে অথবা নীচে নূতন স্তরে কার্য্য আরম্ভ করিতে হইলে, পূর্ব্ব হইতেই, এমন কি, কিছুমাত্র কয়লা কাটিবার পূর্ব্বে. হলেজ রাস্তার স্থান নির্ণয় এবং জল নির্গমনের বন্দোবস্ত করণ। কারণ নূতন স্তর প্রায় পুরাতনের সমান্তরালে থাকে। এই পূর্ব্বজ্ঞান অত্যন্ত প্রয়োজনীয়। বিভিন্ন স্থানের গণিত উচ্চতা সমূহ নক্সায় নীল কালীতে এবং কয়লার দাওয়া কাল কালীতে লিখিত হয়।

জলসমীকরণ ক্রিয়া (Operation of levelling)

জলসমীকরণের সহজ অর্থ একস্থান হইতে অন্যস্থানের উচ্চতা নিরূপণ করা। স্থানদ্বয়ের উপর গজ রাখিলে গজকে দূরবীক্ষণের মধ্য দিয়া দেখিতে পাওয়া যাইবে। ৯৩ম চিত্রে দর্শক ব স্থান হইতে ক্ষিতিজতলগত একাক্ষরেখার গজ দেখিতেছেন। মনে কর. ক তে গজের পাঠ ২.৬৭ হইল. অর্থাৎ

৯৩ চিত্র।

কগ দৈর্ঘ্য ২.৬৭ হইল। তারপর গজকে খ বিন্দুতে সরান হইল, এবং খঘ দৈর্ঘ্য দেখা হইল। মনে কর. উহা ৪.৩৪ ফুট। বলা বাহুল্য. ক অপেক্ষা খ ১.৬৭ ফুট নীচে. অর্থাৎ ক হইতে খ এর পতন (fall) ১.৬৭ ফুট। যদি ক হইতে খ দিকে জলসমীকরণ হয়, তবে কগ কে পশ্চাদ্দর্শন (back sight) এবং খঘ কে পুরোদর্শন (fore sight) বলে।

যন্ত্রকে অগ্রভাগে সুবিধাজনক জায়গায় স্থানান্তরিত করিয়া ও যে স্থানে শেষ গজ ধরা হইয়াছিল তাহাকে পশ্চাতে রাখিয়া উপরোক্ত প্রণালীতে পুনরায় কার্য্য করিতে হইবে। জলসমীকরণের সময় যে দুইটী স্থানের মধ্যে যন্ত্র রাখিতে হইবে সেই দুইটী স্থান সংযুক্ত করিয়া যে রেখা হইবে যন্ত্র ঠিক সেই রেখার উপর রাখিবার কোনও আবশ্যকতা নাই। স্থানে স্থানে, যথা নিম্নভূমির তলদেশে কিম্বা উচ্চ ভূমির চূড়ায়, আবশ্যক বিবেচিত হইলে মধ্যদর্শন (intermediate sight) লইতে হইবে।

৯৪ম চিত্রে জরিপকারী ক হইতে আরম্ভ করিয়া বাম হইতে দক্ষিণে কার্য্য করিতেছেন এরূপ দেখান হইয়াছে। ক বিন্দুর গণিত উচ্চতা পূর্ব্বে

৯৪ চিত্র।

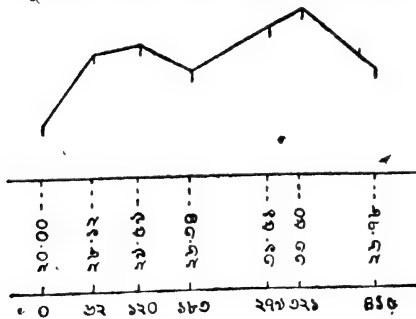
নিরূপিত হইয়াছে। যন্ত্রকে অভীষ্ট স্থানে বসাইয়া কগ উচ্চতা পাঠ করতঃ উহা পশ্চাদ্দর্শন বলিয়া পুস্তকে লিখিত হইল। পরে গজ খ এ স্থানান্তরিত হইল। কারণ সম্মুখে উচ্চ ভূমি থাকাতে ঐ স্থান হইতে আর দূরে দেখা যাইবে না। খঘ পাঠ লইয়া উহাকে পুরোদর্শন বলিয়া লিখিতে হইবে। এখন যন্ত্রকে দ্বিতীয় স্থানে লইয়া যাওয়া হইল (৯৪ম চিত্র দেখ); কিন্তু গজকে সরান হইবে না, কেবল ঘুরাইয়া উহার ভাগযুক্ত পৃষ্ঠ যন্ত্রের সম্মুখে আনিবে। ঐ স্থান হইতে গজকে দেখা হইল. এবং খন পশ্চাদ্দর্শন বলিয়া লিখিত হইল। উচ্চ ভূমি ঙ তে ঙচ পাঠ করা হইল, এবং নিম্ন ভূমি ছতেও আর একটী পাঠ লওয়া হইল। এই দুই পাঠকে মধ্যপাঠ (intermediate reading) বলা যাইবে। টতে একটী পুরোপাঠ (fore reading) লইতে হইবে। অতঃপর যন্ত্রকে আবার স্থানান্তরিত করিবে, এবং নূতন পশ্চাদ্দর্শন টড লিখিয়া রাখিবে। ততে একটী ঢত মধ্যদর্শন এবং থতে একটী থদ পুরোদর্শন লইবে। জরিপ কার্য্যের ন্যায় জলসমীকরণেও ক্ষিতিজতলে দূরত্ব মাপ করিতে হইবে, এবং শিকলের রেখা সরল (straight) রাখিতে হইবে, অবশ্য যদি বিশেষ কারণ বশতঃ অসরল দিকে শিকল দ্বারা মাপ করিতে না হয়। ৯৪ম চিত্রে প্রদর্শিত কার্য্য কিরূপে জলসমীকরণ পুস্তকে লিখিত হয় তাহা নিম্নে দেখান হইয়াছে। এস্থলে ক এর গণিত উচ্চতা ২০ ফুট ধরা হইয়াছে।

ষ্টেসন	পশ্চাদ্দর্শন।	মধ্যদর্শন।	পুরোদর্শন।	উত্থান।	পতন।	দূরত্ব।	গণিত উচ্চতা।	মন্তব্য।
০	৮ ৬৭					০	২০ ০০	
১	৪ ৩২		৫৫	৮·১২		৬২	২৮·১২	
		২·৮৫		১ ৪৭		১২০	২৯ ৫৯	
		৬·১০			৩ ২৫	১৮৩	২৬ ৩৪	
২	৩ ১২		·৯৩	৫·১৭		২৭৯	৩১·৫১	
		১·১৩		১ ৯৯		৩২১	৩৩·৫০	
			৭·৮৫		৬·৭২	৪১৫	২৬ ৭৮	
	১৬·১১		৯.৩৩	১৬ ৭৫	৯ ৯৭			
	৯·৩৩			৯·৯৭				
	৬ ৭৮			৬·৭৮				

ইহাতে আমরা দেখিতে পাই, পুরোদর্শনগুলির যোগফল ও পশ্চাদ্দর্শনগুলির যোগফল এই উভয়ের বিয়োগফল, উত্থান সমূহের সমষ্টি ও পতন সমূহের সমষ্টি এই উভয়ের বিয়োগফলের সমান; এবং প্রথম, ও শেষ যেস্থানে গজ ধরা হইয়াছিল সেই দুই স্থানের মধ্যে একটী অপেক্ষা অন্যটীর উচ্চতা এই বিয়োগ-ফলের সমান। এই সমতা দ্বারা পুস্তকে উত্থান এবং পতন সমুদয়ের গণনা নির্ভুল হইল কি না জ্ঞাত হওয়া যায়।

জলসমীকরণের ছেদ অঙ্কন (plotting level section.)

যে কোন মানানুসারে জলসমীকরণ ছেদ (level section) অঙ্কিত করা যাইতে পারে; কিন্তু ভূপৃষ্ঠের বন্ধুরতা স্পষ্ট করিয়া প্রদর্শিত করিতে হইলে ঊর্দ্ধাধঃ তলে এবং ক্ষিতিজতলে মাপ বিভিন্ন মানানুসারে অঙ্কিত করা আব-শ্যক। ঊর্দ্ধাধঃ মান ক্ষিতিজমান অপেক্ষা বৃহৎ হইবে। অতএব জমির ঢাল উহার প্রকৃত অবস্থা অপেক্ষা ছেদে অত্যন্ত অধিক দেখাইবে। সুতরাং কাটান ড্রেন এবং বাঁধ সম্বন্ধীয় গণনাগুলি অনেকটা সূক্ষ্ম হইবে। সাধারণতঃ ঊর্দ্ধাধঃ মান ক্ষিতিজমান অপেক্ষা ১০ গুণ বর্দ্ধিত করা হয়; যথা ক্ষিতিজমান যদি ১০০ ফুট = ১ ইঞ্চি হয়, তবে ঊর্দ্ধাধঃ মান ১০ ফুট = ১ ইঞ্চি হইবে। এই মান বিশেষ সুবিধাজনক। কারণ এক ইঞ্চিকে ·১০ ভাগ করিয়া মানদণ্ড প্রস্তুত করিলে তাহা উভয় দিকেই ব্যবহৃত হইতে পারে। ১০ ফুটে ১ ফুট কিম্বা ৮ ফুটে ১ ফুট এবম্বিধ অত্যন্ত ঢালু স্তরে ক্ষিতিজমান ১০০ ফুট = ১ ইঞ্চি এবং ঊর্দ্ধাধঃ মান ২০ ফুট = ১ ইঞ্চি উপযোগী।

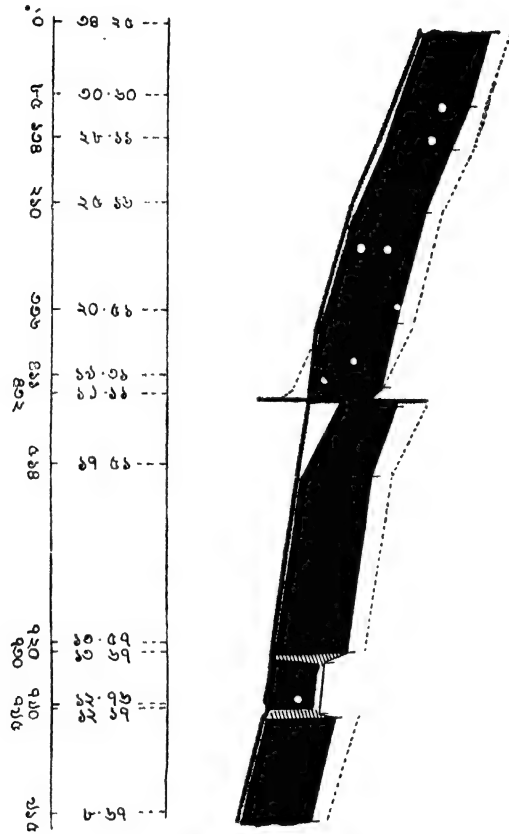
৯৪ম চিত্রে প্রদর্শিত কার্য্যের মানানুসারে ছেদ অঙ্কিত করিতে প্রথমে একটী ক্ষিতিজতলগত রেখা টানিতে হইবে। ঐ রেখা ডেটম্ সমতল হইতে কত উচ্চে আছে তাহা যেন জানা থাকে। চিত্রে রেখা ডেটম্ সমতল হইতে ১৫ ফুট উচ্চে আছে, অর্থাৎ উহার গণিত উচ্চতা ১৫ ফুট। রেখার কিছু নিম্ন সুবিধামত স্থানে আর একটী রেখা টানা হইয়াছে। শিকল দ্বারা মাপ করিয়া প্রাপ্ত দূরত্বগুলি নীচের রেখায় বসান আছে। অঙ্কনের সুবিধার জন্য রেখা দুইটীর মধ্যে গণিত উচ্চতা সমূহ মুদ্রিত হইয়াছে। সম্পূর্ণ ছেদ ৯৫ম চিত্রে দেখ। উহার ক্ষিতিজমান ১০০ ফুট = ১ ইঞ্চি এবং ঊর্দ্ধাধঃ মান ১০ ফুট = ১ ইঞ্চি।

৯৫ চিত্র—১২৯ পৃষ্ঠার জলসমীকরণ পুস্তকের যে লিপি দেওয়া হইয়াছে ইহা তাহার ছেদ চিত্র; ঊর্দ্ধাধঃ মান ২০ ফুট = ১ ইঞ্চি, ক্ষিতিজমান ১০০ ফুট = ১ ইঞ্চি।

দূরে অবস্থিত দুই বিন্দুর মধ্যে একটী অপরটী হইতে কত উচ্চে বা নিম্নে আছে তাহা নিরূপণ আবিশ্যক হইলে সংক্ষিপ্ত জলসমীকরণ প্রণালী অবলম্বিত হইয়া থাকে। এই প্রণালীতে যে রেখাতে জলসমীকরণ হয় সে রেখাতে ভূপৃষ্ঠের বন্ধুরতা মাপিবার চেষ্টা করা হয় না. উচ্চ এবং নিম্ন ভূমির পার্থক্য দেখান হয় না. এবং

সংক্ষিপ্ত জলসমীকরণ (fly level.)

৯৬ চিত্র।

ঊর্দ্ধাধঃ মান ২০ ফুট = ১ ইঞ্চি, ক্ষিতিজমান ৮০০ ফুট = ১ ইঞ্চি।

ঋজু রেখায়ও কার্য্য করার আবশ্যক হয় না। জরিপকারী যন্ত্র দ্বারা যতদূরে দেখা যায় ততদূরে গজ রাখিয়া উঁহাকে দেখেন. এবং যাহাতে শীঘ্র কার্য্য সম্পন্ন হয় কেবল মাত্র সেইদিকে তাঁহার লক্ষ্য থাকে। সংক্ষিপ্ত জলসমীকরণ দ্বারা নিম্নলিখিত কার্য্যগুলি হয় ঃ—নিকটবর্ত্তী অর্ডন্যান্স বেঞ্চি-চিহ্ন হইতে কোন দ্রব

৯৭ চিত্র।

ঊর্দ্ধাধঃ মান ২০ ফুট = ১ ইঞ্চি ; ক্ষিতিজমান ২০০ ফুট = ১ ইঞ্চি।

কত নীচে বা উচ্চে আছে স্থির করা ; দৈনিক জরিপে যে বিন্দু হইতে কার্য্য আরম্ভ করিতে হইবে তাহাকে কোন একটী বিন্দুর (যাহার গণিত উচ্চতা জানা আছে) সহিত সংযোগ করা ; কোন একটী বেঞ্চি-চিহ্ন বিলুপ্ত হইলে বা দৈবক্রমে ভাঙ্গিয়া যাইলে পুনঃস্থাপিত করা। আরও এই প্রণালী দ্বারা দৈনন্দিন কার্য্যে আরম্ভ

বিন্দু হইতে শেষ বিন্দুর মধ্যবর্ত্তী স্থানে কার্য্য নির্ভুল হইয়াছে কি না শীঘ্র মিলাইয়া দেখা যায়। শেষোক্ত কার্য্যে এই সংক্ষিপ্ত জলসমীকরণ অধিক ব্যবহৃত হয়। শেষোক্ত কার্য্যের অপর নাম পরীক্ষা জলসমীকরণ (check level)। এইভাবে পরীক্ষা করিয়া কার্য্যে বিশেষ কোনও ভুল না পাইলে জরিপকারী নিরুদ্বিগ্ন চিত্তে তাঁহার দৈনিক জরিপ কার্য্যের ছেদ অঙ্কিত করিতে পারেন।

খনির অভ্যন্তরে জলসমীকরণ (underground work)।

ভূপৃষ্ঠের ন্যায় খনির ভিতরে যে ভূমির (সুঁদ অথবা রাস্তা) উপর দিয়া জলসমীকরণ হইবে সেই স্থানের প্রধানতঃ বন্ধুরতা ছেদ দেখাইতে হইবে। এতদ্ব্যতীত যে সকল স্থানে গজ ধরা হয় তথাকার সুঁদের উচ্চতা আবশ্যক বিবেচিত হইলে প্রস্তরগুলির প্রকৃতি (যথা কয়লাস্তরের ভিতরে আগ্নেয় প্রস্তরের প্রবেশ) স্তরের দাওয়া ও উহার অবস্থিতি, স্তরমধ্যে প্রস্তরের উপস্থিতি (অর্থাৎ কয়লাস্তরে যদি প্রস্তর লাগিয়া থাকে) এবং স্থানচ্যুতি প্রভৃতি পুস্তকে লিখিতে হইবে ও ছেদে আঁকিয়া দেখাইতে হইবে। এই হেতু খনির জলসমীকরণ পুস্তকের ঘরগুলি (column) ভূপৃষ্ঠস্থ জলসমীকরণ পুস্তকের ঘরগুলি হইতে ভিন্নরূপ হইবে। কারণ পূর্ব্বোক্ত পুস্তকের ঘরগুলির সাহায্যে কয়লাস্তরের অবস্থান অনায়াসে পুস্তকে লিখিত ও ছেদে অঙ্কিত হইতে পারে। নিম্নে খনির জলসমীকরণ পুস্তকের ঘর সমুদয়ের শীর্ষ-লিপি প্রদত্ত হইল :—

ষ্টেসন	পশ্চাদ্দর্শন	মধ্যদর্শন	পুরোদর্শন	উঠতি	পড়তি	গণিত উচ্চতা	দূরত্ব	নিম্নান্তর	দৃশ্যমান কয়লা	স্থানের উচ্চতা	মন্তব্য

যেস্থানে গজ ধরা হয় তথা হইতে কয়লাস্তরের নিম্নাংশের উচ্চতাকে নিম্নান্তর (bottom canch) বলে। সুঁদের চাল হইতে কয়লাস্তরের উপরিভাগ পর্য্যন্ত দূরত্বকে উপরান্তর (top canch) বলে। উপরান্তর বলিয়া একটী ঘর রাখিবার আবশ্যকতা নাই। কারণ স্থানের উচ্চতা হইতে দৃশ্যমান কয়লা এবং নিম্নান্তর বাদ দিলে উপরান্তর পাওয়া যাইবে। চালের কিম্বা তলির কয়লার স্থূলতা মন্তব্যের ঘরে লিখিতে হইবে। একটী ক্ষুদ্র স্থানচ্যুতি দেখা যাইলে, যদি সেই স্থানে রাস্তা অত্যন্ত বন্ধুর না হয় তাহা হইলে, গজ ঠিক স্থানচ্যুতির স্থানে বসাইবার আবশ্যকতা নাই। সচরাচর স্থানচ্যুতির সন্নিকটে উহার উভয় পার্শ্বে গজ বসাইলেই যথেষ্ট হইবে, এবং মন্তব্যের ঘরে লিখিয়া রাখিতে হইবে, এত দূরে একটী উৎক্ষিপ্ত অথবা অধঃক্ষিপ্ত স্থানচ্যুতি আছে যাহার ক্ষেপ এত ফুট। রাস্তায় পাথর ফেলিয়া পাকা করা হউক বা না হউক

উহাকে অলক্তক রংএর (crimson lake) সরু এবং ক্রমশঃ লুপ্ত রেখা (vanishing line) দ্বারা চিহ্নিত করিতে হইবে। রাস্তার পৃষ্ঠ একটী কাল রেখা দ্বারা চিহ্নিত, এবং দৃশ্যমান কয়লাকে ঘোর কৃষ্ণবর্ণ করিতে হইবে। তলির কয়লা কিম্বা স্তরের কতকাংশ যদি রাস্তার উপরে নিক্ষিপ্ত প্রস্তর দ্বারা আবৃত হয়, তবে বিন্দুচিহ্নিত (dotted) রেখার সাহায্যে উহা দেখান হইয়া থাকে। ঊর্দ্ধাধঃ মান ক্ষিতিজ মান অপেক্ষা বর্দ্ধিত হয় বলিয়া স্থানচ্যুতি যতদূর সম্ভব খাড়া টানিবে, কেবল উহার হেলনের (hade) দিকে ঈষৎ আনত থাকিবে।

খনির জলসমীকরণ পুস্তকের এক পৃষ্ঠা নিম্নে প্রদত্ত হইল। উহাতে বর্ণিত স্তরের দাওয়া অল্প। ৯৬ম চিত্রে সাঙ্কেতিক প্রণালীতে উহার ছেদ অঙ্কিত হইয়াছে।

স্টেশন।	পশ্চাদ্দর্শন।	মধ্যদর্শন।	সম্মুখদর্শন।	উত্থান।	পতন।	গণিত উচ্চতা।	দূরত্ব।	নিম্নস্তর।	দৃশ্যমান কয়লা।	স্থানের উচ্চতা।	মন্তব্য।
...	১·১৬	...	...	...	...	৭৬ ৫৫	•	০	২ ৯৫	৪·৯০	
১	১ ৪৫	...	২·৯০	...	১·৭৪	৭৪·৮১	১৩৪	৫৫	৩ ১০	৪ ৮০	
২	...	২·৮৮	...	...	১·৪৩	৭৩·৩৮	১৮৩	১·২০	৩·০০	৪ ৯৫	
৩	১·২১	...	৩·৩০	...	• ৪২	৭২·৯৬	২৫৫	১ ৩০	৩·০০	৪·৬০	
৪	...	৩·৬৫	...	...	২·৪৪	৭০ ৫২	৩৩২	২ ৫০	৩·১৫	৫·৬৫	৩৪৮ ফুটে একটা ২ ৬' অধঃক্ষিপ্ত স্থানচ্যুতি।
৫	...	৩·৮০	...	...	০·১৫	৭০ ৩৭	৩৬০	০	৩·০৫	৫·১০	
৬	১ ৬৫	...	৪·২০	...	০·৪০	৬৯·৯৭	৫২৫	৮৫	২·৯৫	৪·৯৫	
৭	৩·৯০	...	৩ ৩৫	...	১·৭০	৬৮·২৭	৬৪৩	০	৩·০০	৪·৭৫	৬৪৩ ফুটে রাস্তায় প্রস্তর আরম্ভ হইল।
৮	...	১ ৭৫	...	২ ১৫	...	৭০·৪২	৭৫১	০	০	৪·৮০	৭১০ ফুটে কয়লার উপরিভাগ আর দেখা যাইতেছে না।
৯	...	১·৪৫	...	০·৩০	...	৭০·৭২	৭৮৪	২·০০	৩·০০	৫·০০	৭৭৮ ফুটে একটা ৮ ফুট উৎক্ষিপ্ত স্থানচ্যুতি।
১০	২·৫৫	...	০·৩০	১·১৫	...	৭১·৮৭	৯১৬	০	৩ ১৫	৪·৯৫	
১১	...	...	২·৯৫	...	০·৪০	৭১·৪৭	১১২৫	০	৩·১০	৫·০৫	

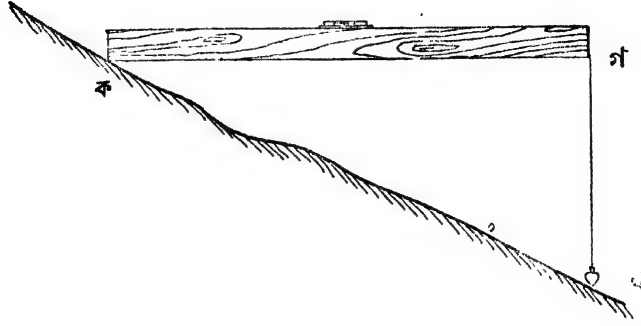
১১·৯২ ১৭·০০ ৩ ৬০ ৮·৬৮ ৭৬·৫৫
১১·৯২ ৩·৬০ ৭১·৪৭
৫·০৮ ৫·০৮ ৫·০৮

একটী স্থূল কয়লাস্তরে জলসমীকরণ পুস্তক লিখন প্রণালী নিম্নে দেখান হইল। ৯৭ম চিত্রটী উহার ছেদ।

ষ্টেসন।	পশ্চাদ্দর্শন।	মধ্যদর্শন।	পুরোদর্শন।	উত্থান।	পতন।	গণিত উচ্চতা।	দূরত্ব।	নিম্নস্তর	[illegible] কয়লা।	স্থানের উচ্চতা।	মন্তব্য।
০	১·২৫	...	...	...	...	৩৪·২৫	০	০	৮·১৫	৮·১৫	চালে কয়লা ২′ ৬″।
১	০·৭৬	...	৪·৯০	...	৩·৬৫	৩০·৬০	৮৫	০	৯·০০	৯·০০	চালে কয়লা ২′।
২	...	৩·২৫	...	...	২·৪৯	২৮·১১	১৩৪	০·৫০	৮·৫০	৯·০০	চালে কয়লা ২′ ৬″।
৩	১·১০	...	৬·২০	...	২·৯৫	২৫·১৬	২১০	০	৮·৯৫	৮·৯৫	চালে কয়লা ২′।
৪	০·৫৫	...	৫·৭৫	...	৪·৬৫	২[illegible]·৫১	৩৩৬	০	৯·১৫	৯·১৫	চালে কয়লা ২′।
৫	...	১·৭৫	...	...	১·২০	১৯·৩১	৪১১	০	৮·৫৫	৮·৫৫	৫′ ৬″ রাস্তার প্রস্তর। চালে কয়লা নাই। ৪২৫ ফুটে একটী ৫′ ৬″ উৎক্ষিপ্ত স্থানচ্যুতি।
৬	...	১·৯৫	...	...	[illegible]·২০	১৯·১১	৪৩২	২·৯৫	৭·৫৫	১০·৫০	চালে কয়লা ৩′ ৬″।
৭	১·৩৬	...	৩·৫৫	...	১·৬০	১৭·৫১	৫১৪	০	৮·৮৫	৮·৮৫	চালে কয়লা ২′ ৬″।
৮	২·০৫	...	৫·৩০	...	৩·৯৪	১৩·৫৭	৭২০	০	৮·৯৫	৮·৯৫	চালে কয়লা ২′।
৯	...	১·৯৫	...	০·১০	...	১৩·৬৭	৭৩০	০	৬·০০	৬·০০	৭২১ ফুটে ঝামা আরম্ভ, ৭৩৫ ফুটে ডাইক আরম্ভ।
১০	...	২·৮৬	...	...	০·৯১	১২·৭৬	৭৯০	০	৬·০০	৬·০০	৭৮৪ ফুটে ডাইক শেষ। ৭৯৪ ফুটে ঝামা শেষ।
১১	২·৪৫	...	৩·৪৫	...	০·৫৯	১২·১৭	৭৯৫	০	৮·৭০	৮·৭০	চালে কয়লা ২′ ৬″।
১২	...	...	৫·৯৫	...	৩·৫০	৮·৬৭	৯২	০	৮·৮৫	৮·৮৫	চালে কয়লা ২।
	৯ ৫২		৩৫·১০	০·১০	২৫·৬৮	৩৮·২৫					
			৯ ৫২		০·১০	৮·৬৭					
			২৫·৫৮		২৫·৫৮	২৫·৫৮					

দূরারোহ সিঁড়িখাদে জলসমীকরণ (levelling a steep incline)।

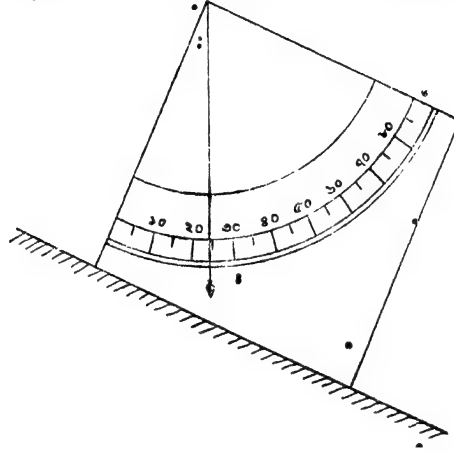
একটী দূরারোহ—অর্থাৎ যাহার ঢাল ৭ এ ১ অপেক্ষা অধিক—সিঁড়িখাদে জলসমীকরণ সম্পাদন করিতে হইলে ডাম্পি যন্ত্রে কাজ করা কঠিন। কারণ উহাকে শীঘ্র শীঘ্র স্থানান্তরিত করিতে হইবে। এস্থলে একটী তক্তা ও থামাল যন্ত্র (spirit level) অধিকতর উপযোগী। তক্তার প্রস্থ বরাবর সমান, এবং পৃষ্ঠগুলি সুন্দরভাবে সমতল (plane) করা। তক্তার দৈর্ঘ্যও জানা আবশ্যক। স্তরের ঢাল অনুযায়ী তক্তার দৈর্ঘ্য ১০ ফুট হইতে ১৫ ফুট হইলেও চলিবে। তক্তা থামাল যন্ত্র সংযোগে ব্যবহার করিতে হইবে।

৯৮ম চিত্র দেখ। ক হইতে খ বিন্দু কত উচ্চে কিম্বা নীচে আছে নির্ণয় করিতে হইলে তক্তার এক প্রান্ত ক বিন্দুতে আঁশে (on edge) রাখ। একটী থামাল

৯৮ চিত্র

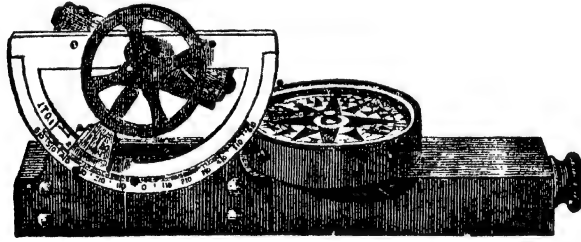
যন্ত্র তক্তার মধ্যস্থলে স্থাপন কর। উহা দ্বারা তক্তা ক্ষিতিজতলে আনয়ন কর। গ বিন্দু হইতে ওলনবসির সাহায্যে ভূমিতে খ বিন্দুর স্থান নিরূপণ কর, এবং সঙ্গে সঙ্গে খগ সাবধানে মাপ। সুতরাং একেবারেই ক হইতে খ এর উচ্চাবচতা এবং উহাদের মধ্যবর্ত্তী ক্ষিতিজতলগত দূরত্ব (horizontal distance) পরিমিত হইবে। কারণ ঐ দূরত্ব তক্তার দৈর্ঘ্যের সমান। অতঃপর তক্তা ক হইতে খ এ স্থানান্তরিত করিয়া ক বিন্দুতে যেরূপে কার্য্য করা হইয়াছিল খ বিন্দুতেও কার্য্য সেইভাবে করিতে হইবে।

প্রবণতা মাপক যন্ত্র (clinometer)।

পূর্ব্বে বলা হইয়াছে, সমস্ত থিয়োডোলাইটের এবং কতকগুলি ডায়ালের দৃষ্টিরেখা ক্ষিতিজতলের সহিত কত উন্নত বা অবনত কোণে থাকে, তাহা ঐ যন্ত্রগুলিতে সহজে পাঠ করা যায়। এরূপ পাঠ কোন কোন স্থানে বিশেষ কাজে লাগে (যেমন একটী ঢালের প্রবণতা সমস্ত স্থানে একরূপ হইলে তথায় সূক্ষভাবে জলসমীকরণ)। তাদৃশ্য স্থানে ধাপে ধাপে শিকল দ্বারা মাপ করিবার আবশ্যকতা নাই। ঐ স্থানে ঢাল ধরিয়া মাপিয়া উহা হইতে ক্ষিতিজদূরত্ব গণনা করা যাইতে পারে। প্রবণতা মাপক যন্ত্র অনেক প্রকার। তন্মধ্যে একটী দেখিতে সূত্রধরের গজের ন্যায়। গজ দুই ভাঁজ করা। একটী বাহুতে একটী থামাল যন্ত্র ও বাহুদ্বয়ের সংযোগস্থলে একটী বৃত্তপাদ থাকে। বৃত্তপাদ ডিগ্রিতে বিভক্ত। রাস্তার প্রবণতা নির্ণয় করিতে হইলে নিম্নের বাহু টব-গাড়ীর লৌহবর্ত্মে রাখিয়া উপরের বাহু আবশ্যকমত নামাইয়া বা উঠাইয়া ক্ষিতিজতলে আনিতে হইবে। ঐ তলে আসা থামাল যন্ত্র দ্বারা বুঝা যাইবে। এখন বৃত্তপাদে ঐ বাহুদ্বয় নির্দ্দেশিত কোণ পাঠ করিলেই ঢালের প্রবণতা জানা যাইবে।

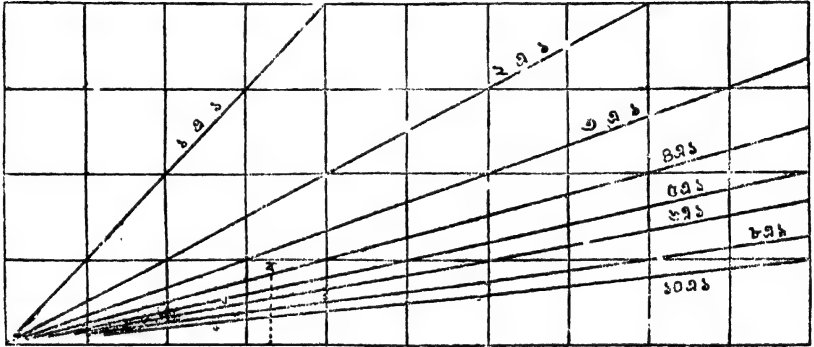
আর একটী প্রবণতা মাপক সহজাকৃতি যন্ত্র ৯৯ম চিত্রে প্রদর্শিত হইয়াছে। উহা একটী সমচতুরস্র তক্তা মাত্র। উহাতে ডিগ্রি ইত্যাদিতে বিভক্ত একটী

৯৯ চিত্র।

ধনুঃ এবং এক কোণ হইতে রসি দ্বারা ওলন ঝুলান আছে। তক্তার নিম্ন পৃষ্ঠ টব-গাড়ীর লৌহবর্ত্মে রাখিলে রসি ধনুর যে ডিগ্রিতে মিলিবে তাহাই রাস্তার প্রবণতা।

এব্‌নির প্রবণতা মাপক যন্ত্রে (Abney level) প্রবণতা দ্রুত ও সঠিক

১০ চিত্র এব্‌নির প্রবণতা মাপক যন্ত্র।

নিরূপিত হয়। ১০০ম চিত্রে ঐ যন্ত্র দেখান হইয়াছে। উহার দৃষ্টিরেখার সহিত ৪৫° কোণে একটী দর্পণ আছে। ডিগ্রি ইত্যাদিতে বিভক্ত বৃত্তপাদের সহিত একটী বুদ্বুদ্‌যুক্ত নল সংযুক্ত থাকে। বুদ্বুদের ছায়া দর্পণে দেখা যায়। যন্ত্রের চুঙ্গীর কেবল অর্দ্ধেক পর্য্যন্ত দর্পণটী বিস্তৃত. বাকী অর্দ্ধেকের মধ্য দিয়া দর্শক কোন দ্রব্যাকে লক্ষ্য করেন. এবং সঙ্গে সঙ্গে বুদ্বুদটী উহার নলের মধ্যস্থলে

আনয়ন করেন। এখন ভার্ণিয়ার পাঠ করিলে দর্শকের দৃষ্টিরেখা কত অবনত জ্ঞাত হওয়া যাইবে।

প্রবণতার কোণানুসারে ক্ষিতিজদূরত্বের তালিকা ৮ পৃষ্ঠায় দেওয়া হইয়াছে। ঢাল ধরিয়া মাপিয়া উহা হইতে ছেদ অঙ্কিত করিয়া কিরূপে ক্ষিতিজদূরত্ব নির্ণয় করিতে হয়, তাহা ১০১ম চিত্রে দেখান হইল। ছেদে প্রবণভূমি আঁকিবার কালে প্রবণতার পরিমাণ চক্ষে অনুমান করিতে ছাত্রেরা

১০১ চিত্র।

অভ্যাস করিবে। চিত্রে যে ঢালের প্রবণতা ৪ এ ১ তাহাতে ঢাল ধরিয়া ব বিন্দু পর্য্যন্ত ৩৪০ ফুট মানানুসারে মাপা হইয়াছে। উহার ক্ষিতিজতলে তুল্যমান ৩৩০ ফুট।

গণনা দ্বারাও ঐরূপ তুল্যমান পাওয়া যায়। যথা ঃ—

মনে কর, ক্ষিতিজতলগত মাপ ৪ $\underline{\text{শ}}$

তবে উদ্ধাধঃ মাপ $\underline{\text{শ}}$।

অতএব

$$১৬\,\text{শ}^২ + \underline{\text{শ}}^২ = (৩৪০)^২ = ১১৫৬০০$$

$$\therefore \underline{\text{শ}}^২ = ৬৮০০$$

$$\therefore \underline{\text{শ}} = ৮১\cdot৪৬$$

$$\therefore ৪\,\text{শ} = ৩২৯\cdot৮ \text{ ফুট}$$

কিম্বা প্রায় ৩৩০ ফুট।

সপ্তম অধ্যায়ের প্রশ্নমালা।

১। জলসমীকরণ গজের কৃতকাংশ অঙ্কিত কর। উহাকে কিরূপে পাঠ করিতে হয় বর্ণনা কর, এবং অঙ্কগুলি কেন এরূপে লিখিত বুঝাইয়া দাও।

২। উপরিস্থ এবং নিম্নস্থ কার্য্যে ব্যবহৃত যাবতীয় গজের তুলনামূলক সমালোচনা কর।

৩। ভূপৃষ্ঠের "বক্রতা" (curvature) এবং "বক্রীভবন" (refraction) এই দুইটী শব্দ ব্যাখ্যা কর।

৪। জলসমীকরণ পুস্তকের নিম্নলিখিত পৃষ্ঠা সম্পূর্ণ কর। গণনাগুলি পরীক্ষা কর, এবং ক্ষিতিজমান ১০০ ফুট = ১ ইঞ্চি ও উদ্ধাধঃ মান ১০ ফুট = ১ ইঞ্চি লইয়া উহার ছেদ অঙ্কিত কর।

ষ্টেসন্।	পশ্চাদ্দর্শন।	মধ্যদর্শন।	পুরোদর্শন।	উত্থান।	পতন।	গণিত-উচ্চতা।	দূরত্ব।
০	৬·৫৫					২১৭·০১	০
১		৪·৩৩					৭৪
২		৩·১২					১৬৩
৩	৩·২৫		০·৫০				২১৫
৪		২·৯০					৩২৯
৫		৩·৭৫					৪৯৭
৬	৪·৯৩		২·৭০				৫২৬
৭		২·৬৫					৬৫৪
৮			১·৩৭				৮১৫

0 এবং ৮ম ষ্টেসনের মধ্যবর্ত্তী একটী সমপ্রবণতাবিশিষ্ট রাস্তার প্রবণতার পরিমাণ কত?

উত্তর:—৮০ এ ১।

৫। পূর্ব্ব প্রশ্নে রাস্তা যদি ১০ ফুট চওড়া হয়, তবে উহা নির্ম্মাণ করিতে কত ঘনফুট মৃত্তিকা কাটিতে কিম্বা বারুদ দ্বারা উড়াইতে হইবে?

উত্তর:—৮৫৭৮ ঘনফুট।

৬। একটী স্তরের নতি ঠিক দক্ষিণে ৮ এ ১। নিম্নলিখিত দিকে চালিত রাস্তার প্রবণতা কত, (ক) এস্ ৪৫° ই, (খ) এস্ ৩০° ই, (গ) এস্ ৬০° ই?

উত্তর:—(ক) ১১·৩ এ ১। (খ) ৯·২৩ এ ১। (গ) ১৬ এ ১।

৭। নিম্নলিখিত জলসমকরণ কার্য্যটীর ক্ষিতিজমান ১০০ ফুট=১ ইঞ্চি এবং উর্দ্ধাধঃমান ১০ ফুট=১ ইঞ্চি অনুসারে ছেদ অঙ্কিত কর :—

ষ্টেসন্।	গণিত উচ্চতা।	দূরত্ব।	নিম্নান্তর।	দুমখ্যান কয়লা।	স্থানের উচ্চতা।	মন্তব্য।
০	২৯·৩৫	০	০	৪·২৫	৫·৭৫	
১	২৮·২০	৫৬	·৭৫	৪·১৫	৫·২০	
২	২৬·১৮	১৯৩	১·০০	৪·১০	৫·১০	
৩	২২·৫৪	২৪৮	০	৪·১৫	৫·০০	২৫৪ ফুটে একটা ২′ ৬″ উৎক্ষিপ্ত স্থানচ্যুতি।
৪	২১·১৬	২৬৫	১·৫০	৪·৩০	৬·০০	
৫	২০·৬২	১২১	০	৪·১০	৫·১০	
৬	১৭·৫১	৪৫২	·৫০	৪·২০	৫·২৫	৪৯২ ফুটে একটা ১ফুট চওড়া অভ্র-পারিদন্ত প্রস্তরের ডাইক, এর দরুণ উভয় পার্শ্বে ৩ ফুট ঝামা।
৭	১৪·২৫	৫৭৫	·৭৫	৪·১৫	৫·১৫	
৮	১২·০৬	৬২৯	০	৪·১০	৫·০০	
৯	১০·৬৭	৭৪০	০	৪·০০	৫·১৫	

৮। খনির নক্সায় গণিত উচ্চতাগুলি লিখিয়া রাখিলে বর্ত্তমানে এবং ভবিষ্যতে কি উপকার হয় ?

৯। খনির অভ্যন্তরে একটী রাস্তায় জলসমকরণ হইবে, এবং ছেদে ঢাল, তলি ও কয়লাস্তর সমস্তই দেখাইতে হইবে। এই কার্য্যে কোন কোন যন্ত্র আবশ্যক, এবং কিরূপে কার্য্য আরম্ভ করিবে বর্ণনা কর।

১০। সংক্ষিপ্ত জলসমকরণ কোন স্থলে প্রয়োজন ?

অষ্টম অধ্যায়।

বিবিধ সম্পাদ্য (various problems)।

শিকল দ্বারা পরিমাণে ভুল (errors in chaining)।

শিকল দ্বারা মাপের উপর অনেক বিষয় নির্ভর করে। মূল্যবান ভূমি (যথা একটী নগরে ইমারতের স্থান) জরিপ কালে কোণ মাপিতে ১০ সেকেণ্ডের অধিক ভুল না হওয়া এবং দূরত্ব পরিমাণে ১ ফুটের শততমাংশ পর্য্যন্ত ঠিক হওয়া উচিত। খনির জরিপে এত সূক্ষ্মতার প্রয়োজন নাই। সাধারণতঃ ঐস্থানে ১৫০০ তে ১ ভুল চলিতে পারে, এবং সামান্য যত্নসহকারে কার্য্য করিলে ভুলের পরিমাণ ইহা অপেক্ষা অধিক হয় না। স্থান বিশেষে যদি ৫০০০ তে ১ পর্য্যন্ত সূক্ষ্ম কাজ আবশ্যক হয়, তবে অত্যন্ত সতর্ক হইয়া মাপ লইতে হইবে।

শিকল দ্বারা মাপে নিম্নলিখিত কারণে ভুল ঘটিতে পারে :—

(১) শিকল যদি যথা মাপের না হয়। একটী ঠিক মাপের শিকলের সহিত সর্ব্বদা পরীক্ষা করিয়া শিকল শোধন করিলে মাপে ভুল হইবে না। কেবল এই কার্য্যের জন্য খনির অফিসে একটী ঠিক মাপের ইস্পাতের ফিতা রাখা আবশ্যক। শিকলের পূরা দৈর্ঘ্যের সঙ্গে সঙ্গে প্রত্যেক দশম লিঙ্কও পরীক্ষা করা উচিত।

(২) শিকলে অযথা টান দেওয়া। ইস্পাত স্থিতিস্থাপক দ্রব্য। অতএব শিকলকে প্রসারিত করিবার সময় জোরে টানিলে উহা একটু বাড়িবে, এবং দৈনিক কার্য্যের শেষে উহার দৈর্ঘ্যের বৃদ্ধি বেশ বুঝা যাইবে। শিকল পরীক্ষা করিবার সময় উহাতে খুব অল্পই টান দেওয়া হয় ; কিন্তু আমেরিকার যুক্তরাজ্যে ১০ পাউণ্ড বল প্রয়োগ করা হয়। পরীক্ষাকালে শিকলে যে পরিমাণ টান দেওয়া হয়, মাপের সময়ও সেই পরিমাণ টান দেওয়া উচিত। উত্তোলন করিয়া মাপিবার সময় শিকল কিছু ঝুলিয়া পড়ে। সচরাচর একটী হালকা শিকলকে ১৫ পাউণ্ড বলে টানিলে যতটা বাড়িবে তাহা ঝুলিয়া যাওয়ার দরুণ যতটা কমিবে তাহার সমান। এইরূপে মাপিবার সময় কত বল প্রয়োগ আবশ্যক, শিকল পরীক্ষা করিবার কালে নির্দ্ধারণ করিতে হইবে। কারণ আরও ১০ পাউণ্ড অধিক জোরে টানিলে ঝুলিয়া যাওয়ার জন্য প্রতিক্রিয়া হইয়াও শিকলের দৈর্ঘ্য প্রায় $\frac{১}{৪}$ ইঞ্চি অধিক বর্দ্ধিত হইবে। সুতরাং মাপে ভুল হইবে।

(৩) অসাবধানে ওলন করা। সম্ভবতঃ অন্য কারণ অপেক্ষা এই জন্যই মাপে অধিক ভুল হয়। চড়াই এবং উৎবাইয়ে (up or down hill) শিকল দ্বারা মাপ করিবার সময় শিকলের প্রান্তদ্বয় এপ্রকারে ধরিতে হইবে, যেন উহা

ক্ষিতিজতলে থাকে। অতএব, এক প্রান্ত জমিতে এবং অন্য প্রান্ত শূন্যে থাকিবে। শূন্যস্থিত প্রান্ত হইতে রসি দ্বারা ওলন ঝুলাইয়া জমিতে কোন্ বিন্দু ঠিক ঐ প্রান্তের নীচে আছে নির্ণয় করিতে হইবে। কিন্তু প্রায়ই এই কার্য্যের জন্য একটী প্রস্তরটুকরা শূন্যে অবস্থিত প্রান্ত হইতে ফেলিয়া দেওয়া হয়। এ পদ্ধতি ভাল নহে। উহাতে সহজেই ৫০০ এ ১ ভুল হয়। এমন কি সাবধানে ওলনরসি ব্যবহার করিলেও একেবারে নির্ভুল কাজ করা কঠিন। যেখান কোন ঢালের প্রবণতা এত অধিক যে, প্রতি ধাপের দৈর্ঘ্য ৫০ ফুট এমন কি ২৫ ফুটের অধিক হওয়া উচিত নহে।

(৪) ঝাণ্ডি শ্রেণীবদ্ধ করিতে ভুল করা। এই হেতু ভুলের পরিমাণ অল্প হয়, এবং চক্ষুর সাহায্যে শিকল ঋজু রাখিলেই যথেষ্ট হইবে, কিম্বা টব-গাড়ীর লৌহবর্ত্মে (tram line) দাগ রাখিলেও চলে। লৌহবর্ত্ম রেখা হইতে ১ ফুট অন্তরে থাকিলে মাপে ১ শিকলে কেবল '০০৫ ফুট ভুল হইবে।

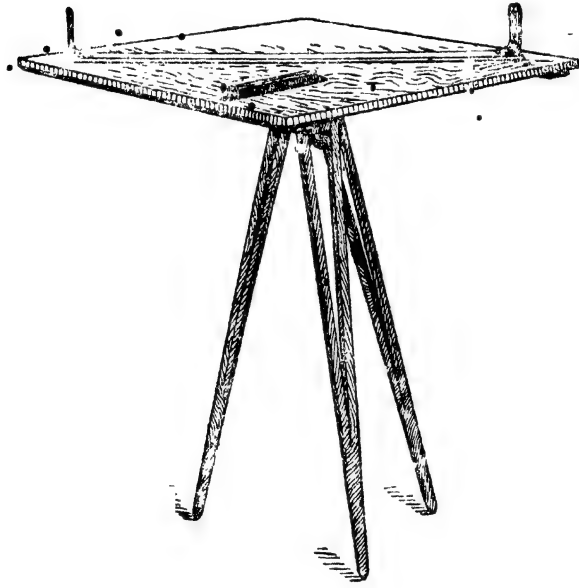
(৫) শীত ও তাপের হ্রাসবৃদ্ধি। তাপের হ্রাসবৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ইস্পাত কমে ও বাড়ে। উষ্ণতার ১৬° (F) বৃদ্ধি হইলে ১০০ ফুট লম্বা শিকল '০১ ফুট বর্দ্ধিত হয়। অতএব কেবল সূক্ষ্ম কার্য্যে ইহার গণনা করিবে।

ক্ষেত্র জরিপ করিবার সময় সঙ্গে সঙ্গে উহার নক্সা করিতে হইলে সমতল টেবিল নামক যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। ক্ষেত্র-পুস্তকে জরিপ কার্য্য লিখিয়া রাখিয়া পরে তাহা হইতে অফিসে নক্সা করার পদ্ধতি অপেক্ষা এই উপায় উত্তম। কারণ যথাস্থানে যন্ত্র রাখিয়া জরিপকারী একেবারে নিকটবর্ত্তী সমস্ত দ্রব্যের বিস্তারিত নক্সা ক্ষেত্রেই করিতে পারেন। সুতরাং তাঁহাকে ক্ষেত্র-পুস্তকে দ্রব্যের সবিশেষ বর্ণনা লিখিতে কিম্বা উহাকে মোটামুটি অঙ্কিত করিতে হয় না, এবং অনেক বিষয় স্মরণ রাখিতেও হয় না।

সমতল টেবিল (plane table)।

১০২ম চিত্রে একটী সমতল টেবিল প্রদর্শিত হইল। উহা একটী নক্সা করিবার বোর্ড (drawing board) মাত্র। বোর্ডকে একটী স্বতন্ত্র তেপায়ার উপরে ঘুরাণ, এবং সূক্ষ্মভাবে জলসম করা যায়। বোর্ডের সহিত একটী দৃষ্টিফলকযুক্ত রেখাকর্ষক (sight-fitted ruler) থাকে। উহাকে ইংরাজীতে এ্যালিডেড (alidade) বলে। দূরবর্ত্তী দ্রব্য দেখিবার জন্য এ্যালিডেডে দূরবীক্ষণ সংযুক্ত হয়। বোর্ডের উপর নক্সা করিবার কাগজ পিন্ কিম্বা লেই (paste) দ্বারা আঁটিয়া দেওয়া হয়, এবং কাগজের উপর এ্যালিডেড বসাইয়া কোন দ্রব্যকে লক্ষ্য করতঃ, সেই দিকে রেখা টানা হয়।

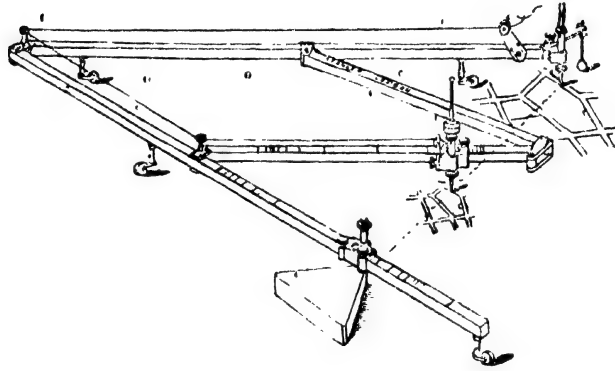
রেখা সমূহের পরস্পর কর্ত্তন দ্বারা (by intersection of lines) বিন্দুর স্থান নির্দ্দিষ্ট হয়, এবং সমতল টেবিল যন্ত্রেও এইভাবে বিভিন্ন জিনিষের অবস্থিতি নক্সায় প্রদর্শিত হয়। যথা মনে কর, ক্ষেত্রের ক ও খ নামক দুই বিন্দুর স্থান

নক্সায় ক ও খ বলিয়া অঙ্কিত আছে। টেবিল প্রথমে ক বিন্দুতে এ প্রকারে বসাইতে হইবে, যেন নক্সার ক বিন্দু ক এর ঠিক উপরে এবং কখ রেখা কখ দিকে থাকে। এরূপ করিতে হইলে এ্যালিডেড কখ এ রাখিয়া উহা দ্বারা খ'কে কর্ত্তন করিতে হইবে। এখন এ্যালিডেডের ঋজু ধার ক এ স্পর্শ করাইয়া ঐ স্থানে রাখ, এবং দৃষ্টিফলক দ্বারা গ কে কর্ত্তন কর ও নক্সায় কগ রেখা টান। টেবিল ক হইতে খ এ স্থানান্তরিত করিয়া ঐ প্রণালীতে ক কে কর্ত্তন করতঃ নক্সায় খগ রেখা টান। উহা ক্ষেত্রের খগ রেখা। কগ এবং খগ গ বিন্দুতে মিলিয়াছে ; উহাই ক্ষেত্রের গ বিন্দু। এই উপায়ে দুইটী জানা, অর্থাৎ নক্সায় অঙ্কিত বিন্দু হইতে বহু বিন্দুর স্থান নক্সায় পাওয়া যাইবে। উহাতে শিকলের আবশ্যক হয় না।

১০২ চিত্র—সমতল টেবিল।

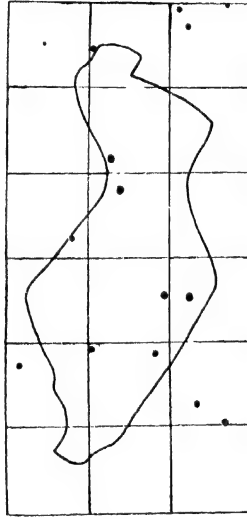
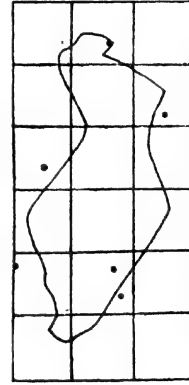
উপায়ান্তরে একটী জানা বিন্দুতে টেবিল বসাইয়া এ্যালিডেড দ্বারা বহুদ্রব্য কর্ত্তন করিয়া রেখা টানা যাইতে পারে, এবং শিকল দ্বারা টেবিল হইতে উহাদের দূরত্ব মাপিয়া উহাদিগকে নক্সায় অঙ্কিত করা যাইতে পারে। যদি এ্যালিডেডে

ষ্টাডিয়া-তার (stadia wire) যুক্ত দূরবীণ সংযুক্ত থাকে, তাহা হইলে ঐ দূরত্বগুলি মাপ না করিয়া অন্য উপায়ে শীঘ্র নির্ণীত হয়। ১২৭ পৃষ্ঠায় ঐ উপায় বর্ণিত হইয়াছে।

নক্সার আয়তন বৃদ্ধি এবং ন্যূনীকরণ (reducing and enlarging plans)।

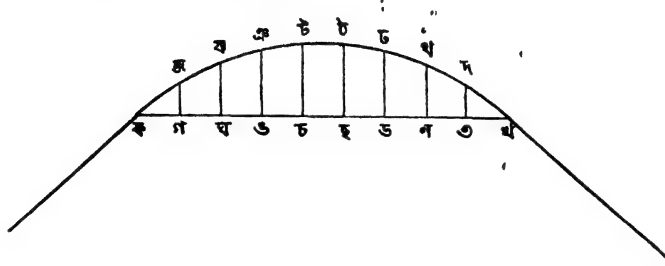
সময়ে সময়ে কয়লাখনির সম্পূর্ণ কিম্বা কতকাংশের নক্সার আয়তন বৃদ্ধি কিম্বা হ্রাস করার আবশ্যক হয়। আয়তন বর্দ্ধিত করা উচিত নহে, কারণ উহাতে ভুলের বৃদ্ধি হয়; অপর পক্ষে ন্যূনীকরণে ভুল কমিয়া যায়। এই কার্য্য সর্ব্বলিখন-যন্ত্র (pantagraph) দ্বারা করা যায়। ১০৩ম চিত্র দেখ। সরকারী অর্ডন্যান্‌স্ জরিপে ঐ যন্ত্রের সর্ব্বদা ব্যবহার হইয়া থাকে।

১০৩ চিত্র—সর্ব্বলিখন যন্ত্র।

কয়লাখনিতে নক্সার আয়তন বাড়ান কিম্বা কমানর খুব কম প্রয়োজন হয়; এবং ঐ কার্য্য বর্গক্ষেত্র (square) দ্বারা করিলেই যথেষ্ট হইবে। যে নক্সার বৃদ্ধি কিম্বা ন্যূনীকরণ আবশ্যক, তাহাকে রেখার সাহায্যে কতকগুলি বর্গক্ষেত্রে ভাগ কর। কার্য্যের সূক্ষ্মতানুসারে বর্গক্ষেত্রগুলি ক্ষুদ্র অথবা বৃহৎ হইবে। আর একটী কাগজে সমান মাপের বর্গক্ষেত্র অঙ্কিত করিবে, কিন্তু উহাদিগকে আবশ্যকমত কমবেশি মানানুসারে টানিতে হইবে। তৎপরে প্রত্যেক বর্গক্ষেত্র মধ্যস্থিত নক্সা ঐ নূতন নক্সায় অঙ্কিত করিবে। ঐরূপ করিলে একটী

বর্দ্ধিত অথবা ন্যূনীকৃত নক্সা পাওয়া যাইবে। ১০৪ম চিত্রে, ১ শিকল=১ ইঞ্চি মানানুসারে নক্সা ১০৫ম চিত্রে ৪ শিকল=১ ইঞ্চি মানানুসারে কমান হইয়াছে।

১০৪ চিত্র।   ১০৫ চিত্র।

যে নক্সা বাড়াইতে কিম্বা কমাইতে হইবে তাহার উপর পেন্‌সিলে বর্গক্ষেত্র টানিলে উহা নষ্ট হইবার সম্ভাবনা। অতএব মোম কাপড়ে যথামাপের বর্গক্ষেত্র টানিয়া ঐ কাপড় নক্সায় পিন্ দ্বারা আঁটিয়া দিলে ভাল হয়। এই কার্য্যের জন্য আনুপাতিক কর্কট যন্ত্র (proportional divider) ব্যবহার করা যায়। উহাতে অল্প সময়ে অনেক কাজ হয়।

বক্ররেখা পাতকরণ (setting out curve)।

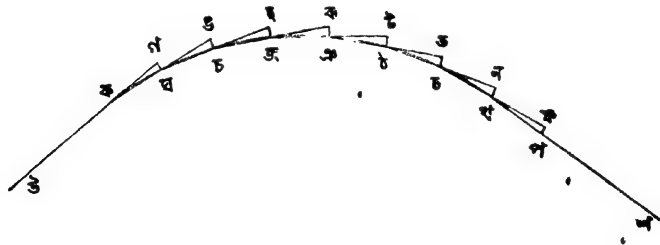
ভূপৃষ্ঠে যেখানে সমস্ত স্থানই খোলা, এবং যথায় কাষ্ঠের স্তূপ কিম্বা সুঁদ ও কাঁথি থাকার কোনও সম্ভাবনা নাই, বিশেষতঃ তথায় যদি বাঁকের ব্যাসার্দ্ধ বৃহৎ হয়, তবে ঐ স্থানে ১০৬ম চিত্রে প্রদর্শিত উপায়ে বক্ররেখা পাত করা শ্রেয়ঃ। মনে কর, ক এবং খ দুইটী রেখার প্রান্ত। উহাদিগকে বৃত্তাকার বক্ররেখা দ্বারা সংযুক্ত করিতে হইবে। মানানুসারে উহাদিগের নক্সা কর। কখ ধনুঃ টান এবং কখ জ্যা যোগ কর। কখ কে কতকগুলি সমভাগে বিভক্ত কর, যথা কগ, গঘ, ঘঙ ইত্যাদি। চিত্রে প্রদর্শিতমত কখ এর সহিত গজ, ঘঝ, ঙঞ ইত্যাদি লম্বরেখা টান। উহারা বক্ররেখায় জ, ঝ, ঞ ইত্যাদি বিন্দুতে মিলিবে। গজ, ঘঝ, ঙঞ ইত্যাদি লম্বদূরত্ব মাপ কর। ইহাদিগকে

জমিতে মাপিয়া ঐস্থানে সহজেই বক্ররেখা পাত করা যাইবে। আমরা দেখিতে পাই যে, বক্ররেখার আকৃতি বৃত্তের ধনুকের মত হইবার আবশ্যকতা নাই, এবং প্রয়োজন হইলে মিশ্র বক্ররেখাও (composite curve) পাত করা যাইতে পারে।

১০৬ চিত্র।

খনির ভিতরে সুঁদগুলি অপ্রশস্ত বলিয়া ঐ স্থানে জ্যা পাত করা যায় না। অতএব হলেজ রাস্তায় বাঁক দিতে হইলে উপরোক্ত উপায় সম্ভবপর নহে। এস্থলে সুঁদের কেন্দ্ররেখা হইতে শাখাদূরত্ব মাপাই বিধেয়।

উক এবং শখ দুইটী রাস্তা সংযোগ করিয়া কখ বক্ররেখা মানানুসারে টান।

১০৭ম চিত্র দেখ। কখ ধনুকে কঘ, ঘচ, চঙ ইত্যাদি সমান অংশে ভাগ কর। উক কে গ পর্য্যন্ত বর্দ্ধিত কর, যেন কগ কঘ এর সমান হয়।

গঘ যোগ কর।

১০৭ চিত্র।

কঘ কে ঙ পর্য্যন্ত বর্দ্ধিত কর যেন ঘঙ ঘচ এর সমান হয়।

ঙচ যোগ কর। এই প্রণালীতে জ্যাগুলি বর্দ্ধিত করিবে।

গঘ, ঙচ, ছজ ইত্যাদি রেখা সমূহ মাপ কর।

বক্ররেখা বৃত্তাকার হইলে দেখা যায় যে, গঘ এবং পফ (প্রথম এবং শেষ) প্রত্যেকে শাখাদূরত্বদ্বয় ঙচ, ছজ, ঝঞ ইত্যাদি শাখাদূরত্বগুলির প্রত্যেকটীর অর্দ্ধেক।

অফিসে এই কাজগুলি করিয়া নক্সা হইতে কগ, কঙ, ঘছ ইত্যাদি রেখা সমূহের দৈর্ঘ্য, এবং গঘ, ঙচ, ছজ ইত্যাদি শাখাদূরত্ব সকল মাপ করিলে খনির ভিতরে জমিতে ঐগুলি ক্রমশঃ বসান অতি সহজ।

গঘ, ঙচ ইত্যাদি শাখাদূরত্বগুলি নক্সা হইতে মাপ করা যায়, আবার গণনা করিয়াও নির্ণয় করা চলে। যথা, ইউক্লিডের সাহায্যে স্থূলতঃ আমরা দেখিতে পাই,

$$কগ^২ = কঘ^২ = গঘ \times ২ ব$$ (এখানে ব বক্ররেখার ব্যাসার্দ্ধ)।

$$\text{অতএব গঘ} = \frac{কঘ^২}{২ব}$$

$$\text{আরও ঙচ} = \frac{ঘচ^২}{ব} = \frac{কঘ^২}{ব}$$

$$\text{এইরূপে ছজ} = \frac{কঘ^২}{ব}\text{; ইত্যাদি।}$$

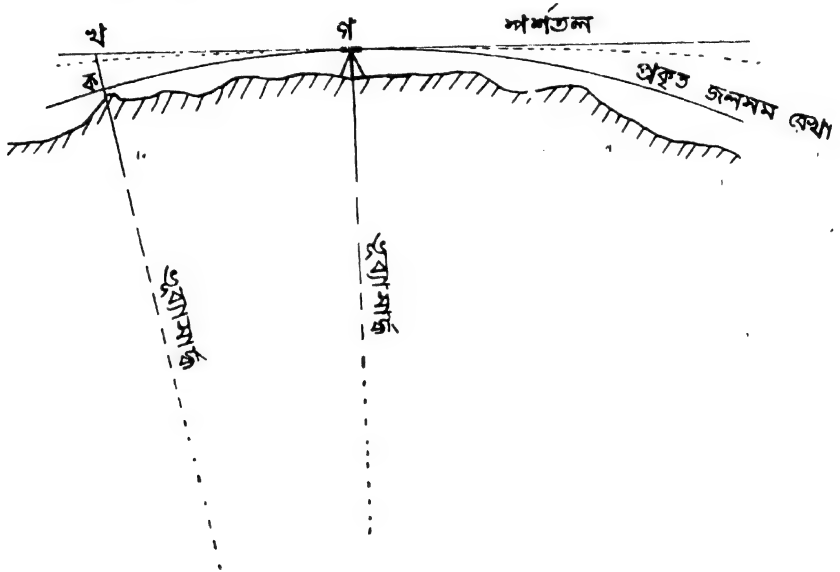
$$\text{সুতরাং পফ} = \frac{কঘ^২}{২ব}$$

ভূপৃষ্ঠের বক্রতা এবং রশ্মির বক্রীভবন (curvature and refraction)।

ডাম্পি যন্ত্রের দূরবীক্ষণ ঘুরাইলে যে ক্ষিতিজ তল অনুসরণ করে, তাহা বস্তুতঃ ভূপৃষ্ঠের স্পর্শতল। ইহা পূর্ব্ব অধ্যায়ে বর্ণিত হইয়াছে। ভূপৃষ্ঠ প্রায় গোল। শান্ত বিস্তৃত জলপৃষ্ঠও সমতল নহে। উহাও প্রায় গোল। এবং জল-পৃষ্ঠস্থিত যে কোন বিন্দু ভূকেন্দ্র হইতে কার্য্যতঃ সমদূর-বর্ত্তী। সরকারী অর্ডন্যান্স্ জরিপ সদৃশ বৃহৎ জরিপে পৃথিবীর উপরিভাগের গোলকাভাসের জন্য জরিপ সংশোধিত হয়; কিন্তু কোন কোম্পানি (prospecting company) যদি একটী বিস্তৃত জমি খনির জন্য জরিপ করিতে চাহেন, তবে ভূপৃষ্ঠ গোলাকৃতি ধরিলে কার্য্যে বিশেষ কোন ভুল হইবে না। কোন স্থান হইতে থিয়োডোলাইট যোগে ৫ মাইল দূরে একটী পর্ব্বতশৃঙ্গ কর্ত্তন করিলে যন্ত্রে পঠিত উন্নতাংশ (angle of elevation) ঐ স্থানের স্পর্শতল হইতে শৃঙ্গের উচ্চতা সূচনা করিবে। এই উন্নতাংশের সাহায্যে ভূপৃষ্ঠ হইতে শৃঙ্গের উচ্চতা নির্ণয় করিতে হইলে কিছু সংশোধন আবশ্যক। দূরত্বের বৃদ্ধির সহিত শোধনের পরিমাণ অধিকতর বর্দ্ধিত হইবে। সংশোধনের পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইলে ইউক্লিডের একটী প্রসিদ্ধ সম্পাদ্যের সাহায্য লইতে হইবে।

মনে কর, ১০৮ম চিত্রে গখ জলসমীকরণ যন্ত্রানুসৃত স্পর্শতল, এবং গক প্রকৃত জলসমপৃষ্ঠ (level surface)।

চিত্র হইতে ইহা সুস্পষ্ট যে, খ বিন্দুর প্রকৃত উচ্চতা কখ ; কিন্তু খ বিন্দুতে স্থাপিত গজে পঠিত অঙ্ক নিশ্চয়ই শূন্য হইবে, কারণ খ ও গ বিন্দুদ্বয় একই ক্ষিতিজতলে আছে। সুতরাং ঐ স্থানে কোন বিন্দুর প্রকৃত উচ্চতা নির্ণয় করিতে হইলে জলসমীকরণ যন্ত্রযোগে প্রাপ্ত ঐ বিন্দুর উচ্চতায় কখ পরিমাণ যোগ করিতে হইবে।

অতএব ভূপৃষ্ঠের গোলাকৃতির জন্য সংশোধনের পরিমাণ, এই কখ দ্বারা সূচিত হইতেছে।

১০৮ চিত্র।

মনে কর, ব পৃথিবীর ব্যাসার্দ্ধ।

অতএব ইউক্লিড্ অনুসারে

$$\text{গখ}^2 = \text{খক} \times ২\text{ব}$$

$$\therefore \text{খক} = \frac{\text{গখ}^2}{২\text{ব}}$$

(এখানে গখ কার্য্যতঃ গক এর সমান ; কারণ উহারা কয়েক মাইল দীর্ঘ)।

এই প্রণালীতে ভূপৃষ্ঠের গোলাকৃতির জন্য কত ভুল সংশোধন করিতে হইবে পাওয়া যায়। ইহা ছাড়া বায়ুমণ্ডলের (atmosphere) ঘনত্বের বিভিন্নতার জন্য রশ্মির গতি বক্র হয়। সেই হেতু আরও কিছু ভুল হয়। এই ভুল পৃথিবীর গোলাকৃতির জন্য ভুলকে কমাইয়া দেয়। ইহা ১০৮ম চিত্রে গ এর মধ্য দিয়া বিন্দুচিহ্নিত রেখা দ্বারা দেখান হইয়াছে। অতএব যন্ত্রকে ঘুরাইলে উহার দৃষ্টিরেখা একটী সমতল অনুসরণ না করিয়া বক্রপৃষ্ঠ অনুসরণ করে। ঐ বক্রপৃষ্ঠের গভীরাংশ (concave surface) ভূকেন্দ্রের দিকে থাকে। রশ্মির বক্রীভবন বায়ুমণ্ডলের অবস্থার উপর নির্ভর করে. এবং ইহার জন্য ভুল পৃথিবীর গোলাকৃতির জন্য ভুলের ০.১ হইতে ০.৫ অংশ; এবং প্রথমোক্ত ভুল শেষোক্ত ভুলের মোটামুটি ০.১৫ অংশ লওয়া যাইতে পারে।

পৃথিবীর মধ্যম ব্যাসার্দ্ধ সচরাচর ৭৯১৬ মাইল অথবা ৪১,৭৯৬,৪৮০ ফুট ধরা হয়।

উদাহরণ। একটী জরিপকারী পার্ব্বত্য প্রদেশে সমুদ্র জলপৃষ্ঠ হইতে ১৪০০ ফুট উচ্চে কোন স্থানে থিয়োডোলাইট বসাইয়াছেন। তিনি পর্ব্বতশৃঙ্গে একটী পতাকার উপরিভাগ লক্ষ্য করিলেন. এবং উহা ৬° ২০′ উচ্চে আছে মাপ করিলেন। তিনি নক্সা হইতে পতাকার দূরত্ব $৩\frac{১}{২}$ মাইল পাইলেন। পতাকা সমুদ্রপৃষ্ঠ হইতে কত উচ্চে আছে?

থিয়োডোলাইটের স্পর্শতল হইতে পতাকার মস্তকের উচ্চতা এই সমীকরণ (equation) হইতে পাওয়া যাইবে.

উচ্চতা $= ৩\frac{১}{২} \times$ টেন্ ৬° ২০′ মাইল

$= ১৮৪৮০ \times .১১১$ ফুট

$= ২০৫১$ ফুট।

ভূপৃষ্ঠের বক্রতার (শ) জন্য সংশোধন,

$$শ = \frac{(১৮৪৮০)^২}{১ব}$$

$= ৪.১$ ফুট।

রশ্মির বক্রীভবনের (ষ) জন্য সংশোধন.

$ষ = .১৫ \times ৪.১$

$= .৬$ ফুট।

অতএব উপরোক্ত উভয় কারণের জন্য সংশোধন.

$৪.১ - .৬$ ফুট

অথবা ৩.৫ ফুট।

সুতরাং থিয়োডোলাইট হইতে পতাকার প্রকৃত উচ্চতা ২০৫৪.৫ ফুট. এবং সমুদ্রপৃষ্ঠ হইতে ৩৪৫৪.৫ ফুট।

জরিপকারী যতই সাবধানে কার্য্য করুন না কেন, মধ্যে মধ্যে নিশ্চয়ই তাঁহার কাজে ভুল হইবে। জরিপকার্য্যে যে সমস্ত সাধারণ ভুল হয় তাহা বর্ণিত হইতেছে। অনভিজ্ঞ জরিপকারীরা প্রায় ডিগ্রি পাঠ করিতে ভুল করেন; কারণ তাঁহারা মিনিট ও সেকেণ্ড পড়িতে অত্যধিক যত্ন লন। অন্যমনস্কতা বশতঃ ক্ষেত্র-পুস্তকে ভুল অঙ্কও লিখিত হইতে পারে। সূঁদ চালাইতে উহার কেন্দ্ররেখার দাগ দিবার নিমিত্ত যন্ত্রে ভুল কোণ বাঁধা হইতে পারে। অনেক সময়ে দৈনিক কার্য্যের জন্য অফিস হইতে যন্ত্র লইবার কালে দৈবাৎ ভুল মাপের শিকল লইয়া যাইয়া কার্য্য করা হয়, এবং দিনের শেষে এই ভুল ধরা পড়ে। কোন এক স্থানের উচ্চতা নির্ণয় করিবার জন্য জলসমীকরণ গজ একটী যষ্টির উপর ধরা, এবং যষ্টির উচ্চতা গণনা না করা হইতে পারে। অবশ্য এ সমস্ত কারণে ভুল খুব কমই হয়, কিন্তু কখন কখন হওয়া সম্ভব। অধিকাংশ স্থলে ভুল ধরা পড়িলেই দিনের কার্য্য পুনরায় করা উচিত; কিন্তু কোন কোন বিভাগে (district) জরিপে ভুল হইয়াছে জানিতে পারা যাইলেও, তথায় ঐ ভুল অনেকটা সংশোধন করিয়া সাময়িকভাবে কার্য্য চালান যায়, ও পুনরায় জরিপের (re-survey) সময় সমস্ত ভুল সংশোধন করিয়া লওয়া হয়। উপরোক্ত কারণে ভুল সমূহ উদাহরণের সাহায্যে বুঝান যাইবে।

ভুল সমূহ ও তাহাদের ফলাফল (errors and their effects)।

উদাহরণ। জনৈক জরিপকারী অফিসে ফিরিয়া আসিয়া দেখিলেন, তাঁহার শিকল যথামাপের শিকল অপেক্ষা ৯″ অধিক লম্বা। ঐ দিন তিনি ক্ষেত্র-পুস্তকে ১৭৩, ৫৬৯, ৬৫ এবং ৩১০′ মাপ লিখিয়াছেন। তিনি ঐ মাপগুলি সংশোধন করিয়া কত লিখিবেন?

শিকলের দৈর্ঘ্য অধিক বলিয়া ক্ষেত্র-পুস্তকে প্রতি ১০০ ফুটে তাঁহার $১০০\frac{৩}{৪}$ ফুট লেখা উচিত ছিল।

অতএব প্রত্যেক মাপকে $\frac{১০০\frac{৩}{৪}}{১০০}$ অর্থাৎ $\frac{৪০৩}{৪০০}$ দিয়া গুণ করিতে হইবে।

সুতরাং যথার্থ মাপ $১৭৪\frac{১}{৪}$, $৫৭৩\frac{১}{৪}$, $৬৫\frac{১}{২}$ এবং ৩১২।

উদাহরণ। এক জরিপকারী সূঁদমুখ হইতে ১২৫ ফুট অন্তরে যন্ত্র বসাইয়া মালকাটার কার্য্যের জন্য সূঁদমুখে কেন্দ্রের দাগ দিয়াছেন। অফিসে ফিরিয়া আসিয়া দেখিলেন যন্ত্রে ১৮৫° ১৫′ এর পরিবর্ত্তে তিনি ১৮৪° ১৫′ বাঁধিয়াছিলেন। কম্প্যাসটী দক্ষিণাবর্ত্ত। মালকাটাকে কেন্দ্র কতদূরে সরাইতে আদেশ করা হইবে?

কোণের ভুল ১°, এবং যন্ত্র ১২৫ ফুট অন্তর বসান হইয়াছে।

অতএব (সমত্রিজ্যাকোণকে ৫৭$^{\circ}\frac{১}{৩}$ ধরা হইলে) কেন্দ্র স্থূলতঃ

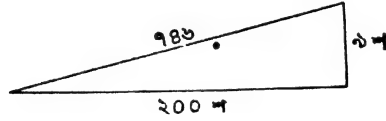
$$\frac{১}{৫৭^{\circ}\frac{১}{৩}} \times ১২৫ \text{ ফুট}$$

$$= \frac{৩ \times ১২৫ \times ১২}{১৭২} \text{ ইঞ্চি}$$

$=$২৬·১ ইঞ্চি পার্শ্বে সরিয়া গিয়াছে।

অতএব তিনি মালকাটাকে দাগটি ২′ ২″ ডানদিকে সরাইতে আদেশ করিলে সূঁদ যথাদিকে চালিত হইবে।

উদাহরণ। এক জরিপকারী ৮ এ ১ ঢালে শিকল দ্বারা ধাপে ধাপে মাপিতেছেন। প্রতি ধাপ ৫০ ফুট। শিকলের একপ্রান্ত ৬$\frac{১}{৪}$ ফুট না উঠাইয়া তিনি প্রতিবারে ৪ ফুট উঠাইয়া ৭৪৬ ফুট মাপ করিয়াছেন। মাপে কত ভুল হইয়াছে, এবং প্রকৃত মাপ কত?

বস্তুতঃ এখানে জরিপকারী ক্ষিতিজতলে না মাপিয়া ঢাল ধরিয়া মাপিয়াছেন। ঐ ঢালের প্রবণতা ৫০ এ ২$\frac{১}{৪}$। অতএব মাপ প্রকৃত দৈর্ঘ্য অপেক্ষা অধিক হইয়াছে।

১০৯ চিত্র।

১০৯ম চিত্র হইতে আমরা দেখিতে পাই যে, প্রকৃত দৈর্ঘ্য যদি ২০০শ হয় তবে সমকোণী ত্রিভুজের লম্ব পরিমাণ ৯শ এবং কর্ণ ৭৪৬ হইবে। ঐ সমকোণী ত্রিভুজ হইতে সমস্যার মীমাংসা হইবে।

অতএব $৭৪৬^২ = ৪০০০০শ^২ + ৮১শ^২$

$$\therefore শ^২ = \frac{৫৫৬৫১৬}{৪০০৮১}$$

$$= ১৩·৮৮$$

$$\therefore শ = ৩·৭২৫$$

$$\therefore ১০০শ = ৭৪৩$$

অতএব ৩ ফুট ভুল হইয়াছে, এবং যথার্থ মাপ ৭৪৩ ফুট

অষ্টম অধ্যায়ের প্রশ্নমালা।

১। দুইটী সমকোণে অবস্থিত রলেজ রাস্তার কেন্দ্ররেখাকে ৪৫ ফুট ব্যাসার্দ্ধের বক্র রেখা দ্বারা সংযোগ করিতে হইবে। প্রায় ১০ ফুট অন্তরে শাখাদূরত্ব লইবে। প্রথম, শেষ এবং মধ্যবর্তী শাখাদূরত্বগুলি এবং উহাদের ব্যবধান নির্ণয় কর।

উত্তর :— শাখাদূরত্ব সকল ১০ ফুট ১ ইঞ্চি অন্তরে হইবে।

প্রথম এবং শেষ শাখাদূরত্ব ১ ফুট ১ $\frac{১}{২}$ ইঞ্চি।

মধ্যের শাখাদূরত্ব ২ ফুট ৩ ইঞ্চি।

২। এক জরিপকারীর থিয়োডোলাইট সমুদ্রজলপৃষ্ঠের এক তলে আছে। তিনি ১০ মাইল দূরে একটী পর্ব্বতশৃঙ্গের উন্নতাংশ ৪° ৪০′ মাপিলেন। যদি ভূপৃষ্ঠের বক্রতা গণনা করা হয়, এবং রশ্মির বক্রীভবন উহার ·১৫ ধরা হয়, তবে শৃঙ্গ কত উচ্চ হইবে?

উত্তর :— ৪২৮৬ ফুট।

৩। খনির ভিতরে কোন জরিপকারী ৫° ঢালে ধাপে ধাপে শিকল দ্বারা মাপ করিতেছেন। প্রতি ধাপ ১০০ ফুট। প্রত্যেক ধাপে শিকল প্রান্ত ৫ ফুট উত্তোলিত হইতেছে। তিনি ৯১০ ফুট মাপিয়াছেন। প্রকৃত দূরত্ব কত?

উত্তর :— ৯০৯ ফুট।

৪। একজন জরিপকারী সূদের কেন্দ্ররেখার দাগ দিতে যন্ত্রে এন ৩০° $\frac{১}{২}$ ই এর পরিবর্ত্তে এন ৩০° $\frac{১}{৪}$ ই বাঁধিয়াছেন। কেন্দ্ররেখা ৮৭ ফুট লম্বা। কেন্দ্রচিহ্ন কত পার্শ্বে সরিয়া গিয়াছে?

উত্তর : – ৪ $\frac{১}{২}$ ইঞ্চি।

৫। কেবল শিকল দ্বারা জরিপ করিয়া একটী ক্ষেত্রের কালি ৩৪০ বিঘা পাওয়া গিয়াছে। পরে দেখা হইয়াছে যে, শিকল ১ ফুট বাড়িয়া গিয়াছে। জরিপের সময় শিকলের বৃদ্ধি সমভাবে হইয়াছিল মানিয়া লইলে ক্ষেত্রের যথার্থ কালি কত হইবে?

উত্তর : – ৩৪৬৮ বিঘা।

৬। খনির ভিতরে এক জরিপকারী নিম্নলিখিত জরিপ করিয়াছেন :—

ষ্টেসন।	বিয়ারিং।	দূরত্ব।
১	এন ২৯° ই	*১৪১
২	এস্ ৪৩° $\frac{১}{৪}$ ই	৮৯
৩	এস্ ৪৯° ই	১২৬
৪	এস্ ৫২° ডব্লিউ	১৪২

* তিনি পরে জানিতে পারিলেন, দ্বিতীয় কোণটী বাস্তবিক এস্ ৪৩° $\frac{১}{২}$ ই, এবং তাঁহার শিকল ৬ ইঞ্চি বর্দ্ধিত হইয়াছে। পুস্তক সংশোধন করিয়া জরিপ নক্সা করিলে শেষ বিন্দু কত সরিয়া যাইবে।

উত্তর :— বিন্দু ১′ ৬ $\frac{৩}{৪}$″ ডানদিকে এবং ২″ অগ্রে সরাইতে হইবে।

নবম অধ্যায়।

আরও বিবিধ সম্পাদ্য (various problems continued)।

তিনটী বোর-গর্ত্ত (bore hole) হইতে যাহা কিছু জানা যায় তাহার সাহায্যে নতির দিক ও পরিমাণ নির্ণয় করণ।

নতির দিক ও পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইলে অন্ততঃ তিনটী বোর-গর্ত্তের আবশ্যক। গর্ত্তগুলি যেন এক ঋজুরেখায় না হয়। উহাদিগকে যোগ করিলে একটী প্রায় সমবাহু ত্রিভুজ হওয়া আবশ্যক। উহারা কোন মতে যেন অত্যন্ত সূক্ষ্ম কিম্বা স্থূল কোণ উৎপন্ন না করে। কেবল তিনটী মাত্র গর্ত্ত দ্বারা নির্ভুল ফল পাওয়া যায় না, কারণ ঐ ত্রিভুজের মধ্যে একটী স্থানচ্যুতি থাকিতে

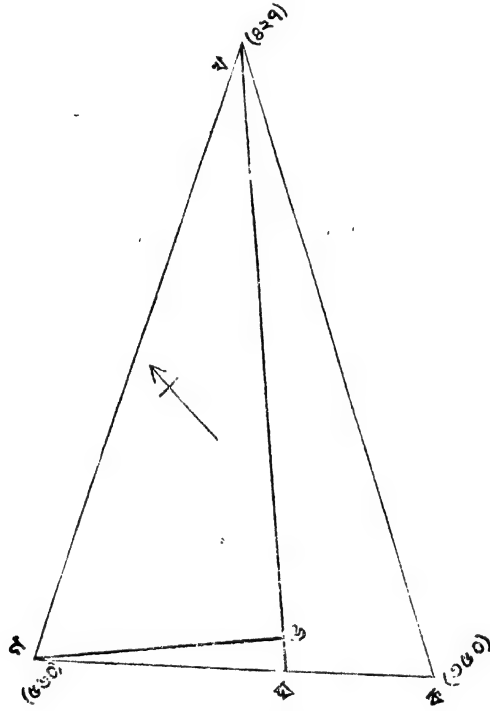
১১০ চিত্র।

পারে। অতএব তিনটী গর্ত্ত দ্বারা নতির যে দিক ও পরিমাণ পাওয়া যায়, তাহাকে চতুর্থ গর্ত্ত দ্বারা পরীক্ষা করা উচিত। চারিটী গর্ত্তের মধ্যে কোন তিনটী দ্বারা যে নতি পাওয়া যায়, তাহা যদি অন্য তিনটী দ্বারা প্রাপ্ত নতির সহিত মিলে, তাহা হইলে ঐ স্থানে কোন স্থানচ্যুতি নাই, এবং নির্ণীত নতিও ঠিক হইয়াছে ধরা যাইতে পারে।

চিত্রে ক, খ, ও গ তিনটী বোর-গর্ত্তের স্থান (১১০ম চিত্র দেখ)। একটী ডেটম্ সমতল হইতে উহাদের গভীরতা যথাক্রমে শ, ষ এবং স। ঐ স্থানে কোনও স্থানচ্যুতি নাই।

মনে কর, ক এর গভীরতা সর্ব্বাপেক্ষা কম, এবং গ গভীরতম গর্ত্ত।

সুতরাং ক এবং গ এর মধ্যে একটী প বিন্দু আছে, যাহার গভীরতা খ এর গভীরতার সহিত সমান।

খপ স্তরের মিলন রেখা (strike line) নির্দ্দেশ করিবে।

১১১ চিত্র। মান ২০০ ফুট = ১ ইঞ্চি।

প বিন্দু পাইতে হইলে কগ রেখাকে এইরূপে দুই ভাগ কর, যেন

$$\frac{কপ}{পগ} = \frac{ঘ - শ}{স - ঘ}$$ হয়।

নতি খপ এর সমকোণে এবং গ দিকে হইবে।

উহার দিক চিত্র হইতে কোণঅঙ্কনযন্ত্রের সাহায্যে মাপা যাইবে।

নতির পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইলে খপ এর সহিত গঘ লম্বরেখা টান।

গঘ মাপ কর, উহাকে দ বলা যাইবে।

অতএব নতির পরিমাণ স – ষ এ দ.

অর্থাৎ $\frac{দ}{স - ষ}$ এ ১।

উদাহরণ। ক. খ. গ তিনটী বোর-গর্ত্ত করা হইয়াছে। ভূপৃষ্ঠে উহারা এক ক্ষিতিজতলে আছে। গর্ত্তগুলি ভূপৃষ্ঠ হইতে ক্রমান্বয়ে ৩৫০, ৪২৭ এবং ৫৬০ ফুটে একটী উত্তম কয়লাস্তরে পৌছিয়াছে। জরিপ হইতে জানা যায়, কখ এন্ ২৭° ইর্দিকে আছে, এবং উহার দৈর্ঘ্য ৭৭০ ফুট ; কগ এন্ ৪৩° $\frac{১}{২}$ ডবলিউ দিকে আছে. এবং উহার দৈর্ঘ্য ৪২৭ ফুট। ঐ স্থানে যদি কোন স্থানচ্যুতি না থাকে. তবে স্তরের নতি কোন্ দিকে হইবে ও উহার পরিমাণ কত নির্ণয় কর।

১১১ম চিত্রে এই প্রশ্ন মীমাংসা করা হইয়াছে। উহাতে ক. খ. গ গর্ত্তগুলি ২০০ ফুট = ১ ইঞ্চি মানানুসারে অঙ্কিত হইয়াছে।

ঘ বিন্দু দ্বারা কগ এরূপে বিভক্ত যে.

$$\frac{কঘ}{ঘগ} = \frac{৪২৭ - ৩৫০}{৫৬০ - ৪২৭} = \frac{১১}{১৯} \text{ ফুট।}$$

অতএব কঘ = ১৮২ ফুট।

ঘগ = ৩১৫ ফুট।

মিলন রেখা, খঘ, এন্ ৪১° ই দিকে.

অতএব নতির (ঙগ) দিক এন্ ৪৯° ডবলিউ.

এবং নতির পরিমাণ মানানুসারে মাপিয়া

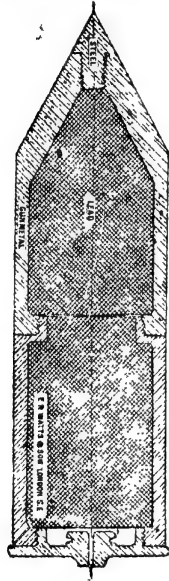
২০৮ এ ১৩৩

অথবা ২·১ এ ১ পাওয়া গিয়াছে।

কয়লাখনির উপরিস্থ এবং নিম্নস্থ জরিপের সম্বন্ধ স্থাপন (survey connection) করিবার পদ্ধতি সমূহ :—

কয়লাখনির উপরিস্থ এবং নিম্নস্থ নক্সার সম্বন্ধ স্থাপন করিতে (অর্থাৎ নিম্নস্থ কার্য্য সমূহের স্থিতিসম্পর্কে উপরিস্থ গৃহ. নালা এবং সীমারেখা সকল নক্সায় যথাযথ অঙ্কিত করিতে) সাতিশয় যত্ন লওয়া উচিত। এ বিষয়ে অসাবধান কিম্বা অমনোযোগী হইলে ভয়াবহ দুর্ঘটনা হইতে পারে. কিম্বা পার্শ্ববর্ত্তী অন্যের সম্পত্তিতে ভুলক্রমে সুঁদ ইত্যাদি চালান হইলে মোকদ্দমার নিমিত্ত আর্থিক ক্ষতি হইতে পারে।

এক কিম্বা একাধিক চানকে একটী কিম্বা দুইটী ওলন ঝুলাইয়া প্রায়ই উপরিস্থ এবং নিম্নস্থ জরিপের সম্বন্ধ স্থাপন করা হয়। এই উপায় সহজসাধ্য নহে, এবং প্রায়ই (বিশেষতঃ গভীর চানকে) সূক্ষ্ম ফল পাওয়া যায় না। এই পদ্ধতিতে একটী ২০ হইতে ৫০ পাউণ্ড ভারী ওলন (১১২ম চিত্র) ব্যবহার করা হয়। ওলনকে তারের সাহায্যে ঝুলাইয়া রাখা হয়। তার যথাসম্ভব সূক্ষ্ম হইবে, অথচ ছিঁড়িয়া না যায়। ওলনকে ঘন (thick) তেলের মধ্যে ডুবাইয়া রাখা হয়, সুতরাং উহা সহজে দুলিতে পারিবে না। ঘূর্ণন নিবারণার্থ উহাতে পাখা (wings) বাঁধিয়া দেওয়া হয়। চানকে বায়ুচলাচল বশতঃ তার কম্পিত হইবে। তন্নিবারণার্থ চানকের মুখ তক্তা দ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। এত সতর্কতা সত্ত্বেও গভীর চানকে তারকে স্থির রাখা প্রায় অসম্ভব। সমকোণে অবস্থিত দুইটী মানযষ্টির সাহায্যে ওলনের ঠিক উপরিভাগে উভয় দিকে তারের দোলন লক্ষ্য করিয়া, উহার মধ্যম স্থান নির্ণয় করা হয়। এরূপে ভূপৃষ্ঠে একটী নির্দ্দিষ্ট রেখাস্থিত একটী নির্দ্দিষ্ট বিন্দুকে চানকের তলদেশে অনেকটা সূক্ষ্মভাবে ওলন করা যায়।

ওলন ঝুলান (suspending the plumb)।

১১২ চিত্র—জরিপের সম্বন্ধ স্থাপনোপযোগী ওলন।

যদি খনির ভিতরে চুম্বকশলাকা দ্বারা জরিপ করা হইয়া থাকে, তাহা হইলে ভিতরের এবং উপরের জরিপে একটী সাধারণ বিন্দু ঠিক করিতে পারিলেই উভয় জরিপের সম্বন্ধ স্থাপন করা যায়। ইহা উপরোক্ত প্রণালীতে ওলনের সাহায্যে করা যাইতে পারে। নিম্নস্থ ভূমির নক্সায় যাহা কিছু অঙ্কিত আছে তাহা উপরিস্থ ভূমির নক্সায় অঙ্কিত করিতে হইলে অঙ্কন কার্য্য ঐ সাধারণ বিন্দু হইতে আরম্ভ করিতে হইবে। এইরূপ করিতে হইলে শেষোক্ত নক্সায় চৌম্বক মধ্যরেখা থাকা আবশ্যক, অথবা প্রথমোক্ত নক্সা প্রকৃত মধ্যরেখা হইতে করা থাকিলেও চলিবে। একটী চানকই যথেষ্ট।

চুম্বকশলাকাজরিপের সম্বন্ধ স্থাপন (magnetic survey connections)।

খনিতে যদি জল নিঃসরণ রন্ধ্র (adit) কিম্বা সিঁড়িখাদ থাকে, তবে উহার মধ্য দিয়া উপরিস্থ ট্রাভার্স জরিপ খনির ভিতরে প্রসারিত হয়, অর্থাৎ ভূপৃষ্ঠে জরিপ করিতে করিতে খনির ভিতরে প্রবেশ করা হয়। সুতরাং উপরিস্থ এবং নিম্নস্থ জরিপ কার্য্যতঃ এক হইয়া যায়। খনিতে যদি একটী চানক থাকে তবে পূর্ব্ব বর্ণিত উপায়ে

একটী জল নিঃসরণ রন্ধ্রের কিম্বা সিঁড়িখাদের মধ্য দিয়া সম্বন্ধ স্থাপন (connections through an adit or incline)।

উহাতে ওলন ঝুলাইয়া উপরের এবং ভিতরের জরিপ নির্ভুল হইয়াছে কি না, পরীক্ষা করা হয়। এরূপ পরীক্ষা বিশেষ প্রয়োজনীয়।

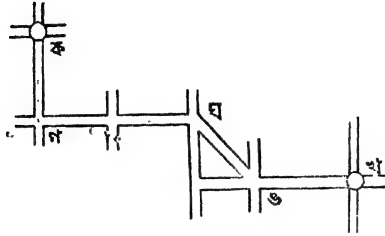
একটী চানকে তুইটী তার ঝুলাইয়া পাতিত ভূমিরেখা হইতে জরিপ করিলে কার্য্য সূক্ষ্ম হয় না। কারণ ঐ তুইটী তার হইতে প্রাপ্ত ভূমিরেখা অত্যন্ত ক্ষুদ্র, এবং তার তুইটী ঘুরিতে ও তুলিতে থাকে বলিয়া ঐ রেখার প্রকৃত দিক নির্ণয় করা কঠিন হইয়া পড়ে। যদি উপায়ান্তর না থাকে, তবে এক চানকের ভিতরে উহাদিগকে যত দূরে সম্ভব রাখিবে, এবং উহাদের দ্বারা যে রেখা হইবে তাহা বর্দ্ধিত করিলে যেন একটী সুঁদের মধ্য দিয়া গমন করে। তার তুইটী চানকের গাত্রে কিম্বা উহার পার্শ্বস্থ কাষ্ঠে লাগিয়া না থাকে। তৎপরে পূর্ব্ব পদ্ধতি মত তারদ্বয়ের প্রত্যেকের মধ্যম স্থান নির্ণয় করিয়া এক একটী দাগ দিবে। পরে চানক হইতে অল্পদূরে সুঁদের মধ্যে তার তুইটী দ্বারা নির্দ্দিষ্ট রেখায় থিয়োডোলাইট বসাইতে চেষ্টা করিবে। যন্ত্র বসাইয়া উহা রেখায় আছে কি না দেখিবে। যদি না থাকে, তবে উহাকে কিছু সরাইয়া পুনরায় পরীক্ষা করিবে। যখন যন্ত্র প্রায় ঐ রেখায় আসিবে, তখন সূক্ষ্মভাবে উহাতে আনিবার নিমিত্ত যন্ত্রের নীচে যে প্লেট পিছলাইয়া ঘূরে (sliding base plate) তাহার সাহায্য লইবে। এখন যে স্থানে থিয়োডোলাইট বসান হইয়াছে সেই স্থান হইতে জরিপ কার্য্য আরম্ভ করিতে হইবে।

একটী চানকে তুইটী তার ঝুলান (two wires in one shaft)।

কোন এক চানক হইতে অন্য এক চানক পর্য্যন্ত একটী ঋজু রন্ধ্র (straight drift) থাকিলে, চানকদ্বয়ে ওলন ঝুলাইয়া একটী দীর্ঘ ভূমিরেখা পাওয়া যায়। এই ভূমিরেখা হইতে জরিপকার্য্য পূর্ব্বোক্ত ভূমিরেখা হইতে কার্য্য (অর্থাৎ একটী চানকে তুইটী ওলন ঝুলাইয়া প্রাপ্ত ভূমিরেখা হইতে জরিপকার্য্য) অপেক্ষা সূক্ষ্মতর। ভূমিরেখা স্থির হইলে উহার পরবর্ত্তী কার্য্য উভয় পদ্ধতিতে এক। থিয়োডোলাইট ঐ ভূমিরেখায় একটী সুবিধামত স্থানে বসাইতে হইবে। উহা যদি ভূমিরেখায় থাকে, অথচ একটী কোণ মাপা যায়, তাহা হইলে ভাল হয়। যন্ত্রকে ইতস্ততঃ সরাইয়া তুই চারিবার চেষ্টার পর তারদ্বয় নির্দ্দেশিত রেখায় বসাইবে, এবং রেখাকে বর্দ্ধিত করিয়া কিম্বা কোণ মাপিয়া জরিপকার্য্য আরম্ভ করিবে।

যখন তুইটী চানকের প্রত্যেকটীতে একটী করিয়া তার ঝুলান হয় এবং একটী তার অন্যটী হইতে দেখা যায় (wires in two shafts visible from each other)।

কোন কোন স্থলে তুইটী চানক থাকে, কিন্তু একটী অন্যটী হইতে দেখা যায় না। এক্ষেত্রে ওলন ঝুলাইয়া একেবারে ভূমিরেখা ঠিক করা যায় না; কিন্তু নিম্নলিখিত উপায়ে কার্য্যতঃ একটী দীর্ঘ ভূমিরেখা পাওয়া যায়।

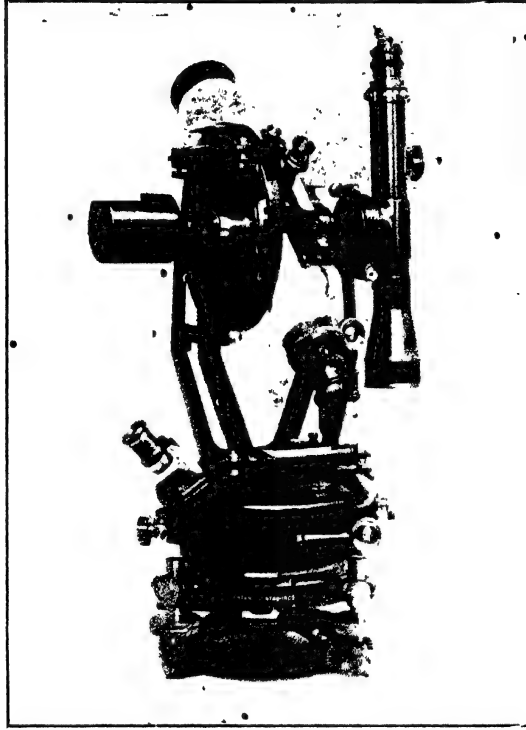
যখন তুইটী চানকের প্রত্যেকটীতে একটী করিয়া তার ঝুলান হয়, কিন্তু একটী তার অন্যটী হইতে দেখা যায় না (a wire in each of two shafts not visible from each other)।

মনে কর, ১১৩ম চিত্রে ক ও খ ঐরূপ দুইটী চানক। চানকদ্বয়ের উপরে দুইটী নির্দ্দিষ্ট বিন্দু হইতে তার ঝুলাইয়া তলদেশে দুইটী বিন্দু পূর্ব্ব বর্ণিত উপায়ে পাওয়া গিয়াছে। ক ও ঘ হইতে দেখা যায় এবম্বিধ একটী গ বিন্দুতে থিয়োডোলাইট কিম্বা কম্পাস বসাও। মুক্ত অথবা বদ্ধশলাকা দ্বারা কগ এবং গঘ রেখা জরিপ কর। শেষোক্ত উপায়টী শ্রেষ্ঠতর। এইরূপে ঘঙ এবং ঙখ জরিপ কর।

১১৩ চিত্র।

সাধারণ উপায়ে জরিপ করিতে হইবে, কিন্তু কার্য্য সতর্ক হইয়া করিবে যেন ভুল না হয়। জরিপ খ এ শেষ করিবে। অতঃপর অফিসে যাইয়া নক্সা করিবার কাগজে জরিপ সযত্নে অঙ্কিত করিবে। নক্সা মোম কাপড়ে নকল করিয়া উপরিস্থ ভূমির নক্সার উপরে স্থাপন করিবে। মোম কাপড় কুঞ্চিত হইয়া না থাকে (without distortion), এবং উহার ক ও খ বিন্দু কাগজে অঙ্কিত নক্সার ক ও খ এর সহিত মিলাইতে চেষ্টা করিবে। যদি না পারা যায়, তবে নিশ্চয়ই উপরিস্থ কিম্বা নিম্নস্থ জরিপে ভুল হইয়াছে ধরিয়া লইতে হইবে। যদি ঠিক মিলিয়া যায়, তাহা হইলে কাগজে অঙ্কিত নক্সা উপরিস্থ ভূমির নক্সায় রাখিয়া উভয় নক্সার ক ও খ বিন্দু তীক্ষ্ণ সূচ দ্বারা অত্যন্ত সাবধানে মিলাইবে। উহাতে কোনরূপ ভুল না হয়। অতঃপর গ, ঘ এবং ঙ বিন্দুগুলি সূচ খাড়াভাবে ধরিয়া উহা দ্বারা বিদ্ধ করিবে। এ প্রকারে খনির ভিতরের নক্সা উপরের নক্সায় নকল করা যাইবে। ভিতরের নক্সা আরও বর্দ্ধিত করিতে হইলে (অর্থাৎ ভিতরের আরও দ্রব্য উপরিস্থ নক্সায় অঙ্কিত করিতে হইলে) বিদ্ধ করিয়া প্রাপ্ত বিন্দুগুলি হইতে কার্য্য আরম্ভ করিবে।

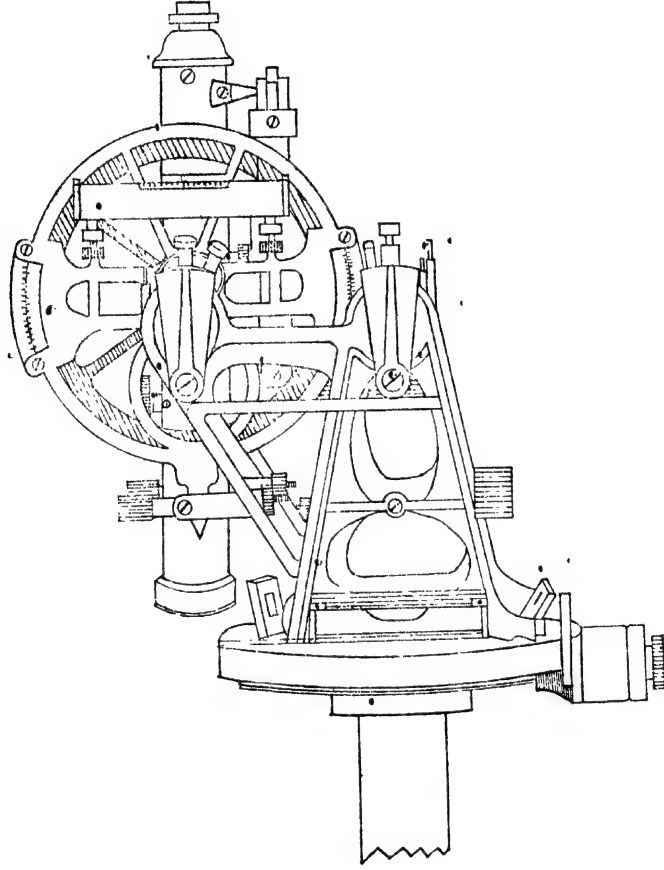
যাম্যোত্তরযন্ত্র (the transit instrument)।

ভূপৃষ্ঠের একটী রেখা খনির ভিতরে সূঁদে পাত করিতে হইলে যাম্যোত্তরযন্ত্র ব্যবহৃত হয়। উহা একটী থিয়োডোলাইট বিশেষ। উহাতে কার্য্য অত্যন্ত সূক্ষ্ম হয়। যন্ত্র দ্বারা নিম্নদিকে অবলম্বসূত্রে লক্ষ্য করা যায়। উহার মূল্য অধিক, এবং সচরাচর কয়লাখনিতে ক্রয় করা হয় না। কারণ উহা কদাচিৎ আবশ্যক হয়, এবং প্রয়োজন হইলে ভাড়া করা হয়। অবলম্বসূত্রে নিম্নদিকে লক্ষ্য করিবার নিমিত্ত কতকগুলি যন্ত্র উদ্ভাবিত হইয়াছে। উহাদের দূরবীক্ষণ (১১৪ম চিত্র) প্রধান আশ্রয়দ্বয়ের (main lugs) বাহিরে থাকে। দূরবীক্ষণ একপার্শ্বে থাকে বলিয়া যন্ত্রকে সমতুল করিবার নিমিত্ত অন্যপার্শ্বে একটী সমভার চাপান হয়। সুতরাং যন্ত্র বাঁকিয়া যায় না। অন্য এক প্রকার যন্ত্রে

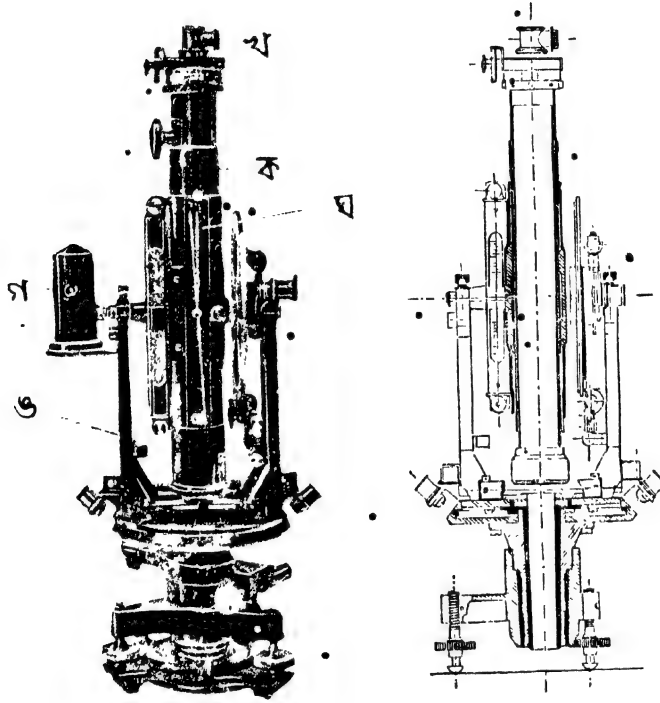
আশ্রয়স্থান চক্রবালীয় বৃত্তের অসমকেন্দ্রে ও অগ্রভাগে থাকে। ১১৫ম চিত্র দেখ। সর্ব্বাপেক্ষা উত্তম যন্ত্রের উদ্ধাধঃ অক্ষদণ্ড ফাঁপা (১১৬ম চিত্র)। অতএব দূরবীক্ষণ চক্রবালীয় বৃত্তের সমকেন্দ্রে থাকে, এবং দূরবীক্ষণ দ্বারা আশ্রয়দ্বয়ের মধ্য দিয়া

১১৪ চিত্র—খাদোত্তরযন্ত্র ইহার এক পার্শ্বে একটা অতিরিক্ত দূরবীক্ষণ এবং অন্য পার্শ্বে একটা সমভার (counterpoise) আছে।

লক্ষ্য করা যায়। কারণ চক্রবালীয় বৃত্তের মধ্যস্থলে একটী গোল ছিদ্র আছে, এবং যন্ত্রের অক্ষদণ্ডও ফাঁপা। কতকগুলি থিয়োডোলাইটের নির্ম্মাণ কৌশল ঐরূপ, এবং তাদৃশ ৫" থিয়োডোলাইটে সুন্দর কার্য্য হয়।

জরিপকারীকে কার্য্য করিবার সময় নিম্নে লক্ষ্য করিবার অসুবিধা ভোগ করিতে হয় না, কারণ যন্ত্রে প্রতিফলক (reflecting) কিম্বা কলমযুক্ত (prismatic) উপনেত্রখণ্ড দেওয়া থাকে। চানকের মুখে মজবুত কাষ্ঠ রাখিয়া তাহার উপরি যন্ত্র বসাইতে হইবে। ১১৭ চিত্র দেখ। উপরিস্থ একটী রেখা খনির ভিতর পাত করিতে হইলে কাষ্ঠগুলি ক্ষিতিজতলে রাখিবে, এবং উহাদিগকে

এরূপে স্থাপন করিবে, যেন যন্ত্র ঐ রেখায় বসাইতে পারা যায়। রেখায় যন্ত্র বসাইবে। দূরবীক্ষণ ঘুরাইয়া ঠিক নীচের দিকে লক্ষ্য করিবে, এবং চানকের তলদেশে একটী মজবুত কাষ্ঠ রাখিয়া তাহাতে যথাস্থানে দাগ দিবে কিম্বা ক্ষুদ্র বাতি রাখিবে। এইরূপে চানকের তলদেশে দাগের অথবা বাতির সাহায্যে

১১৫ চিত্র—অসমকেন্দ্রিক যাম্যোত্তরযন্ত্র

দুইটী বিন্দুর স্থান নির্ণয় করিবে। বাতি অথবা দাগ যথাসম্ভব অন্তরে রাখিবে। চানকের ব্যাসের দৈর্ঘ্যের উপর দুই বাতির ব্যবধান নির্ভর করে। উপর হইতে জরিপকারী পূর্ব্বস্থিরীকৃত প্রণালী অনুসারে সঙ্কেত করিলে যথা-স্থানে বাতি রাখিতে অথবা দাগ দিতে হইবে। সঙ্কেত করিতে টেলিফোন্

বিশেষ উপযোগী। অতঃপর পূর্ব্বে ওলন ও তার দ্বারা যেরূপে ভূমিরেখা বর্দ্ধিত করিবার উপায় বর্ণনা করা হইয়াছে, সেইরূপে এক্ষেত্রেও বাতি অথবা দাগ দ্বারা সূচিত ভূমিরেখা বর্দ্ধিত করিবে। তার কম্পিত হয়, এবং বায়ু দ্বারাও বিচলিত হয়, কিন্তু যন্ত্রের দৃষ্টিরেখা স্থির থাকে, অতএব যাম্যোত্তরযন্ত্রের সাহায্যে নিঃসন্দেহে উত্তম ফল পাওয়া যায়।

সাধারণ চিত্র (elevation)।

ছেদ চিত্র (section)।

১১৬ চিত্র—ফাঁপা অক্ষদণ্ডযুক্ত যাম্যোত্তরযন্ত্র। উদ্ধাধঃ চানকের নিম্নে লক্ষ্য করিতে হইলে যন্ত্রকে এইভাবে রাখিতে হইবে।

ক—দূরবীক্ষণ ; উহাকে [illegible]র নলের মধ্যদিয়া উত্থান হইয়াছে, সুতরাং উহা চক্রবালীয় বৃত্তে লাগিবে না এবং আশয় স্থানদ্বয় খর্ব্ব করিয়া নির্ম্মিত হইয়াছে।

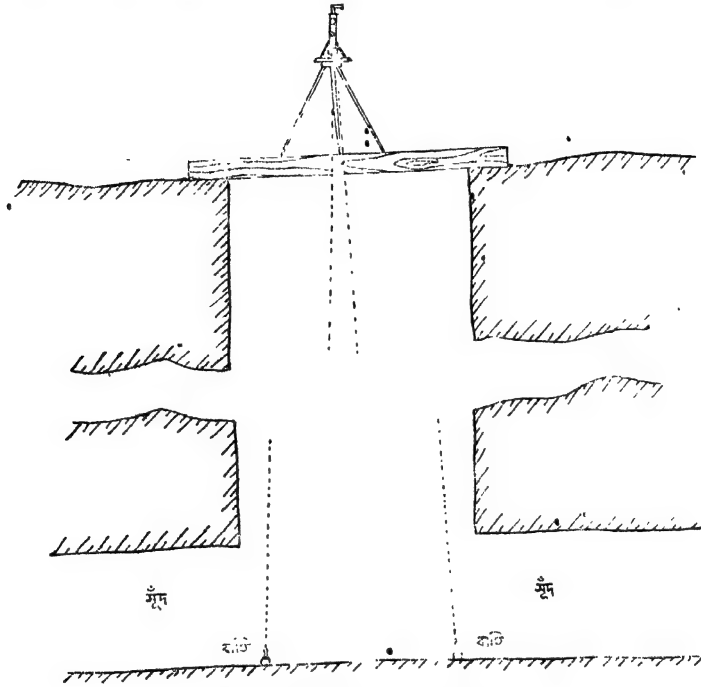
খ—প্রতিফলক উপনেত্রখণ্ড ; ইহার সাহায্যে ফাঁপা অক্ষদণ্ডের মধ্যদিয়া চানকের নিম্নে লক্ষ্য করা যায় ;

গ—লণ্ঠন।

ঘ—ডুঙ্গী কম্পাস (trough compass) ; ইহা দূরবীক্ষণের উপরে আছে।

ঙ—আশ্রয়স্থান।

মিষ্টার রিচার্ডসন সেভার্ণ সুড়ঙ্গের নিমিত্ত যাম্যোত্তর-থিয়োডোলাইট ব্যবহার করিয়া রেখাপাত করিতে একটী উপযোগী ও কৌশলময় প্রণালী অবলম্বন করিয়াছিলেন। প্রণালীটী এই ঃ—চানকের তলদেশে একটী তার প্রসারিত করিয়া উহাকে উভয়দিকে সুড়ঙ্গের মধ্যে বিস্তৃত করিবে। তারকে ঋজু রাখিবার জন্য উহার প্রত্যেক প্রান্ত একটী শায়িত

রিচার্ডসনের সেভার্ণ সুড়ঙ্গস্থিত ভূমিরেখা (Richardson's Savern tunnel base line)।

১১৭ চিত্র—যাম্যোত্তরযন্ত্র ব্যবহার করিবার পদ্ধতি।

লৌহদণ্ডের উপর দিয়া লইয়া উহাতে ভার ঝুলাইবে। দণ্ডে স্ক্রুপের পেঁচ কাটা থাকে। অতএব দণ্ডকে ঘুরাইলে তারের একপ্রান্ত অল্পে অল্পে পার্শ্বে সরিয়া যায়। জরিপকারী উপর হইতে যন্ত্রের মধ্য দিয়া তারের যে অংশ চানকের তলদেশে আছে তাহাকে দেখিতে পান, এবং উপর হইতেই তারকে ইতস্ততঃ সরাইয়া যথাস্থানে আনিবার জন্য আদেশ করেন। এইরূপে উপর হইতেই যাম্যোত্তরযন্ত্র দ্বারা যে রেখা সূচিত হইবে তাহাতে তারটী যথাযথ আনা যাইতে পারে। এই উপায়ে সেভার্ণ সুড়ঙ্গে একেবারেই একটী ৩০০ ফুট লম্বা ভূমিরেখা পাওয়া গিয়াছিল।

প্রকৃত অথবা ভৌগোলিক মধ্যরেখা নির্ণয় করিবার উপায়।

জরিপকারী খনির যে বিভাগে (district) কার্য্য করিতেছেন,— বিশেষতঃ যদি তিনি দূরবর্ত্তী বিভাগে (remote district) কার্য্য করেন— তথায় তাঁহাকে মধ্যরেখা নির্ণয় করিতে হয়। ঐ রেখা নির্ণীত হইলে নক্সার দিক ঠিক থাকে, এবং বিভিন্ন দ্রব্য নক্সায় যথাস্থানে বসান যায়। ভৌগোলিক মধ্যরেখা হইতে জরিপ না করিলে জমির নক্সায় ভুল হয়। অনেক সময়ে ঐ ভুলের জন্য মূল্যবান ভূমি পার্শ্ববর্ত্তী কুঠীয়ালকে ছাড়িয়া দিতে হইয়াছে, কারণ খনির প্রাথমিক নক্সা কিম্বা যে নক্সানুসারে কয়লা অনুসন্ধান করিবার পাট্টা (prospecting lease) লওয়া হইয়াছিল তাহা ভুল ছিল।

সপ্তর্ষি

সুমের ধ্রুব

ক্যাসিওপিয়া

১১৮ চিত্র —ওলম্ব ও রাসর সাহায্য ধ্রুবের নিম্নস্থ মধ্যলগ্নবিন্দু নির্ণয় করণ।

একটী নক্ষত্র অথবা সূর্য্য হইতে প্রকৃত উত্তর নিরূপণ করণ :—

সূর্য্যের সাহায্যে মধ্যরেখা নির্ণয় করা সন্তোষজনক নহে। কারণ সূর্য্য ক্রান্তিবৃত্ত অর্থাৎ উহার ভ্রমণ পথে (ecliptic) অনবরত ঘুরিতেছে; সুতরাং মেরু হইতে উহার দূরত্বের ক্রমাগত হ্রাসবৃদ্ধি হইতেছে। অপর পক্ষে মেরু হইতে নক্ষত্রদিগের দূরত্বের হ্রাসবৃদ্ধি হয় না। তন্নিমিত্ত উহাদের দ্বারা সূক্ষ্ম ফল পাওয়া যায়।

ধ্রুবতারা (the Pole star)।

ধ্রুবতারা আকাশের উত্তরমেরুর নিকটে থাকে বলিয়া প্রথমেই উহার কথা আমাদের মনে আসে। উহা ঠিক মেরুতে অবস্থিত নহে। মেরুর চতুর্দ্দিকে উহা একটী বৃত্তপথে ভ্রমণ করে, এবং ঐ বৃত্তের ব্যাস কালক্রমে কমে বাড়ে। ধ্রুবতারা উত্তর মেরুর সহিত কত কোণ করে তাহা নাবিক-পঞ্জিকা (nautical almanac) হইতে পাওয়া যায়। ধ্রুব নক্ষত্র হইতে তিন প্রকারে প্রকৃত উত্তর নির্ণয় করা যায় :—

(১) উচ্চস্থ কিম্বা নিম্নস্থ মধ্যলগ্নবিন্দু—অর্থাৎ যে বিন্দুদ্বয়ে ধ্রুব যাম্যোত্তর-বৃত্ত অতিক্রম করে (upper or lower culminating points)—লক্ষ্য করিয়া।

(২) প্রাগন্তর ও পরান্তর বিন্দুদ্বয়—অর্থাৎ ধ্রুবের ভ্রমণ পথস্থিত যে দুইটী বিন্দু সর্ব্বাপেক্ষা পূর্ব্বে অথবা পশ্চিমে আছে (eastern and western elongation points)—লক্ষ্য করিয়া, এবং মেরু হইতে তারকার দূরত্ব গণনা করিয়া।

(৩) উহার কক্ষস্থিত একটী ব্যাসের উভয় প্রান্তে ধ্রুবকে লক্ষ্য করিয়া যে কোণ পাওয়া যাইবে তাহাকে দুই সমভাগে বিভক্ত করিয়া।

(১) এই পদ্ধতির উপর বিশেষ নির্ভর করা যায় না। কারণ ঐ দুই বিন্দুর সন্নিকটে নক্ষত্রের গতি অত্যন্ত দ্রুত। ১১৮ম চিত্রে ধ্রুব তারা নিম্নস্থ মধ্যলগ্নবিন্দুতে অবস্থিত দেখান হইয়াছে। যখন সপ্তর্ষি মণ্ডলের (the Great Bear) পুচ্ছস্থিত মধ্যম নক্ষত্র (বসিষ্ঠ) ধ্রুবের সহিত অবলম্ব-সূত্রে আইসে তখন ধ্রুবের প্রায় মধ্যালগ্ন হয়। ধ্রুব বাস্তবিক ঐ সময়ের ১৯ মিনিট পরে যাম্যোত্তরবৃত্তকে অতিক্রম করে।

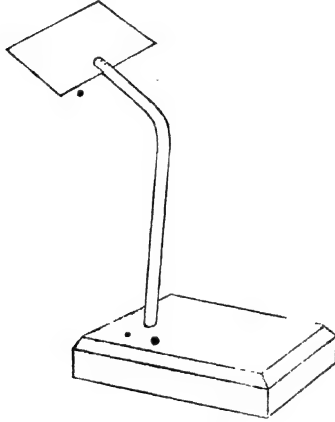
(২) প্রাগন্তর ও পরান্তর বিন্দুদ্বয় লক্ষ্য করিয়া মধ্যরেখা নির্ণয় পদ্ধতি অপেক্ষাকৃত উত্তম। কারণ ঐ দুই বিন্দুর সান্নিধ্যে নক্ষত্রের পূর্ব্ব হইতে পশ্চিমে গতি অত্যন্ত মন্থর। অতএব সময়ের সামান্য ভুল হইলে আসে যায় না। নিম্ন তালিকায় ধ্রুবতারা কোন্ তারিখে স্থূলতঃ কোন সময়ে প্রাগন্তর ও পরান্তর বিন্দুতে আইসে তাহা দেওয়া হইল :—

তারিখ।	প্রাগন্তর।	পরান্তর।	তারিখ।	প্রাগন্তর।	পরান্তর।
	ঘ মি	ঘ মি		ঘ মি	ঘ মি
১লা জানুয়ারি ...	১২—৫২	০—৪৮	১লা জুলাই ...	১—০০	১২—৫০
১লা ফেব্রুয়ারি ...	১০—৫০	২২—৫০	১লা আগষ্ট ...	২২—৫৫	১০—৪৯
১লা মার্চ ...	৮—৫৯	২০—৪৮	১লা সেপ্টেম্বর ...	২০—৫২	৮—৪৭
১লা এপ্রিল ...	৬—৫১	১৮—৪৭	১লা অক্টোবর ...	১৮—৫৬	৬—৫০
১লা মে ...	৪—৫৯	১৬—৪৯	১লা নবেম্বর ...	১৬—৫৪	৪—৪৮
১লা জুন ...	২—৫৮	১৪—৪৮	১লা ডিসেম্বর ...	১৪—৫৬	২—৫০

তালিকায় প্রদত্ত সময় স্থানীয় সময় (local time)। সুতরাং জরিপ-কারী কার্য্য আরম্ভ করিবার পূর্ব্বে সেই স্থানের দ্রাঘিমানুযায়ী (longitude) ঘড়ি সংশোধন করিয়া লইবেন।

উদাহরণ :—ডালটনগঞ্জ (Daltongunj) বিভাগের দ্রাঘিমা ৮৪ $\frac{১}{৪}$ ই। জনৈক খনিজ পদার্থ অনুসন্ধানকারী (prospector) ১লা আগষ্ট ঐ স্থান হইতে ধ্রুবের প্রাগন্তর সময় নির্ণয় করিতে ইচ্ছা করেন। কলিকাতার দ্রাঘিমা ৮৮° $\frac{১}{২}$ অতএব জরিপকারী কলিকাতার ৪° $\frac{১}{৪}$ পশ্চিমে আছেন। দ্রাঘিমার প্রত্যেক ডিগ্রি প্রভেদের জন্য সময়ের ৪ মিনিট প্রভেদ হয়। সুতরাং তাঁহার ঘড়িতে কলিকাতার সময় অপেক্ষা ১৭ মিনিট কম (slow) সময় নির্দ্দেশ করিবে, কিম্বা একই কথা ভারতবর্ষের সর্ব্বগৃহীত সময় (standard time) অপেক্ষা ৭ মিনিট অধিক সময় সূচিত করিবে। এ প্রকারে ঘড়িতে স্থানীয় সময় রাখিয়া তিনি তালিকা

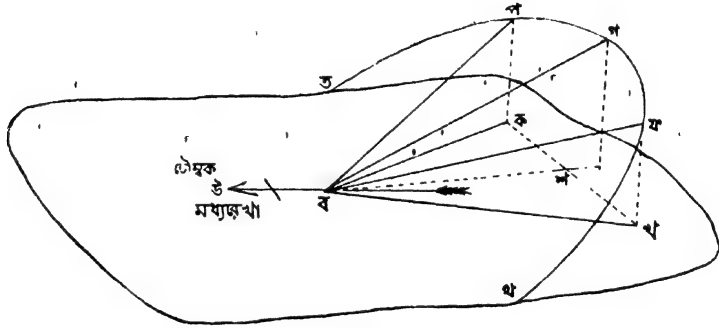
হইতে দেখিলেন যে, ধ্রুবতারা ১১ ঘণ্টা ৫৫ মিনিটে প্রাগন্তর বিন্দুতে আইসে। অতএব ঐ সময়ে ঐ তারা লক্ষ্য করিলেন। ধ্রুবতারার প্রাগন্তর ও পরান্তর বিন্দুতে আগমন সময়ের দৈনিক পরিবর্ত্তন একই ভাবে হয়। অতএব মধ্যবর্ত্তী যে কোন তারিখে (২রা হইতে ৩০শের মধ্যে) ধ্রুবতারার প্রাগন্তর ও পরান্তর বিন্দুতে আগমন সময় আনুপাতিক হিসাবে নির্ণয় করা যাইতে পারে।

(৩) ধ্রুবের কক্ষস্থিত একটী ব্যাসের উভয় প্রান্তে উহাকে লক্ষ্য করিয়া মধ্যরেখা নির্ণয় পদ্ধতি সূক্ষ্মতম। কিন্তু ইহা শীতকালে করিতে হইবে। কারণ তখন রাত্রি বড় বলিয়া ব্যাসের দুই দিকে যন্ত্র দ্বারা তারাকে কর্ত্তন করা সম্ভব। চুম্বকশলাকার উত্তর প্রান্ত বিভক্ত বৃত্তের শূন্য বিন্দুতে রাখিয়া যন্ত্র সঠিক বসান হইল। মনে কর, ধ্রুবকে সন্ধ্যা ৫টা ৩০ মিনিটের সময় একবার কর্ত্তন করা হইল। ঠিক সময় লিখিয়া রাখিতে হইবে। উহাকে যে সময়ে প্রথম কর্ত্তন করা হইয়াছে, তখন হইতে অর্দ্ধ নাক্ষত্র দিবস (sidereal day) পরে উহা ব্যাসের অপর প্রান্তে পৌছিবে। ২৩ ঘণ্টা ৫৬ মিনিট ৪ সেকেণ্ডে এক নাক্ষত্র দিবস। অতএব ধ্রুবতারাকে ১১ ঘণ্টা ৫৮ মিনিট ২ সেকেণ্ড পরে পুনরায় কর্ত্তন করিবে।

১১৯ চিত্র—শঙ্কু যন্ত্র

উদাহরণ।—মনে কর, প্রথম কোণ ৩৫১° ১৬′ ২০″ পাঠ করা হইল, এবং ১১ ঘণ্টা ৫৮ মিনিট ২ সেকেণ্ড পরে দ্বিতীয় কোণ ৩৫২° ০৬′ ৪০″ পাঠ করা হইল। এই দুইএর মধ্যম কোণ ৩৫১° ৪১′ ৩০″। সুতরাং চৌম্বক বলন ৮° ১৮′ ৩০″ ই।

সূর্য্য নিরীক্ষণ (observation of the sun)।

সূর্য্য যেমন পূর্ব্বদিক হইতে পশ্চিমে গমন করে, তেমনই উহার উন্নতাংশের বৃদ্ধি হয়, এবং প্রায় মধ্যাহ্ন সময়ে উহা যাম্যোত্তরবৃত্ত অতিক্রম করে, অর্থাৎ সর্ব্বোচ্চ স্থানে পৌছায়। অতঃপর উহার উন্নতাংশ যে পরিমাণে ক্রমশঃ বর্দ্ধিত হইয়াছিল, সেই পরিমাণে হ্রাস হইবে। সূর্য্য হইতে মধ্যরেখা নিরূপণ এই তথ্যের উপর নির্ভর করে। অতএব যদি আমরা ভূপৃষ্ঠের সহিত লম্বভাবে অবস্থিত একটী যষ্টির ছায়া সূর্য্যের যাম্যোত্তর অতিক্রমের দুই ঘণ্টা পূর্ব্বে এবং দুই ঘণ্টা পরে লক্ষ্য করি, তবে আমরা দেখিতে পাই, এই দুই ছায়ার দৈর্ঘ্য সমান। ঐ ছায়াদ্বয়ের মধ্যবর্ত্তী কোণকে একটী রেখা দ্বারা দুইটী সমভাগে ভাগ করিলে মধ্যরেখা পাওয়া যাইবে।

কার্য্যতঃ একটী যষ্টি ব্যবহার করা হয় না। কারণ উহার ছায়া স্পষ্ট নহে, এবং ছায়ার ঠিক প্রান্তে দাগ দেওয়া দুষ্কর। যষ্টির পরিবর্ত্তে ক্ষুদ্র ছিদ্রযুক্ত একটী পাত্‌লা পাটা ব্যবহার করাই প্রশস্ত। পাটা একটী ফ্রেমে সংযুক্ত করিবে। ফ্রেমসহ পাটা শঙ্কু (gnomon) নামে অভিহিত হইবে। ১১৯ম চিত্র দেখ। ক্ষুদ্র ছিদ্রের মধ্য দিয়া যে অল্প সূর্য্যালোক আসিবে তাহার কেন্দ্ররেখা অনুমান করা সহজ সাধ্য। শঙ্কুকে একটী টেবিলের উপর আবদ্ধ করিবে, এবং টেবিল ক্ষিতিজতলে রাখিবে। পরে ওলন ও রসির সাহায্যে টেবিলের উপরিস্থ কোন্ বিন্দু ছিদ্রের ঠিক নীচে আছে তাহা নির্ণয় পূর্ব্বক ঐ বিন্দুর দাগ দিবে। ঐ দাগকে কেন্দ্র করিয়া কতকগুলি সমকেন্দ্রিক বৃত্ত টানিবে। ভারতবর্ষে এই কার্য্য শীতকালে করা উচিত, কারণ ঐ সময়ে সূর্য্য অধিক উচ্চে থাকে না। মধ্যাহ্নের পূর্ব্বে ও পরে কয়েক ঘণ্টা ধরিয়া আলোকবিন্দুর পথ টেবিলে

১২০ চিত্র—একটী নক্ষত্রের সমোন্নতাংশ লক্ষ্য করিয়া প্রকৃত উত্তর নির্ণয় করণ।

কতকগুলি বিন্দু (dots) দ্বারা চিহ্নিত করিবে। এই পথ বৃত্তসমূহকে যে স্থানে কর্ত্তন করিবে কেবল তথায় দাগ দিবে। প্রত্যেক বৃত্তে দুইটী করিয়া দাগ হইবে। প্রত্যেক বৃত্তের দাগ দুইটী যোগ করিলেই উহার জ্যা পাওয়া যাইবে। পরে একটী রেখা কেন্দ্রবিন্দুর মধ্য দিয়া এবং জ্যাগুলিকে দুই সমভাগে ভাগ করিয়া টানিবে। উহাই মধ্যরেখা, এবং এ্যালিডেডের সাহায্যে ভূমিতে খুঁটা প্রোথিত করিয়া উহার চিহ্ন রাখিবে।

তারকার উন্নতাংশ নিরীক্ষণ (observation of altitude of a star)।

যেমন সূর্য্যকে নিরীক্ষণ করিয়া মধ্যরেখা পাওয়া যায়, তেমনই যে কোন তারা হইতেও ঐ রেখা পাওয়া যায়। মধ্যলগ্নের কয়েক ঘণ্টা পূর্ব্বে যে কোন তারাকে কর্ত্তন করিয়া উহার উন্নতাংশ যন্ত্র দ্বারা মাপ কর, এবং মধ্যলগ্নের পর উহা নামিয়া যখন উহার উন্নতাংশ পুনরায় পূর্ব্বের ন্যায় হইবে তখন আবার উহাকে যন্ত্রযোগে কর্ত্তন কর। ঐ দুইবার তারাকে

কর্ত্তন করিয়া যন্ত্রে যে দুইটী দিক্ পাওয়া যাইবে, তাহাদের মধ্যবর্ত্তী কোণকে একটী রেখা দ্বারা দুই সমভাগ করিবে। ঐ রেখাই মধ্যরেখা।

১২০ম চিত্রে ব থিয়োডোলাইটের স্থান। যন্ত্রের শূন্যরেখা চৌম্বক উত্তরে রাখ। এই কার্য্য দিবসে করিবে, কিন্তু অন্যান্য কার্য্য রাত্রে করিতে হইবে। এমন একটী সুবিধামত তারকা দেখ যাহার মধ্যলগ্নবিন্দুর উন্নতাংশ কম হয়। আকাশমণ্ডলে উহার পথ চিত্রে তথ রেখা দ্বারা প্রদর্শিত হইয়াছে। গ পথের মধ্যলগ্নবিন্দু। থিয়োডোলাইটের ক্রুশ-কেশগুলির ভেদ বিন্দু দ্বারা তারাকে সুবিধামত প বিন্দুতে মধ্যলগ্নের পূর্ব্বে একবার কর্ত্তন কর। পরে ঊর্দ্ধাধঃ বৃত্তকে ক্ল্যাম্প দ্বারা আবদ্ধ কর, এবং উবক কোণ মাপ কর। এখন ঊর্দ্ধাধঃ বৃত্ত আল্‌গা না করিয়া যন্ত্রকে আবর্ত্তন করতঃ তারাকে অনুসরণ করিতে থাকিবে। কয়েক ঘণ্টার পর তারাকে পুনরায় থিয়োডোলাইটের মধ্য দিয়া দেখিতে পাওয়া যাইবে। অগ্রে যখন কর্ত্তন করা হয় তখন তারার যত উন্নতাংশ ছিল এখন প্রায় তত উন্নতাংশ হইলে চক্রবালীয় বৃত্তকে আবদ্ধ করিয়া স্পর্শনীস্ক্রু ব্যবহার করিবে। যে পর্য্যন্ত না ক্রুশ-কেশের ভেদ বিন্দুর সহিত তারা মিলিত হয় ততক্ষণ উহাকে সাবধানে অনুসরণ করিবে। এখন তারা ফ বিন্দুতে পৌঁছিয়াছে। উহার উন্নতাংশ প এর উন্নতাংশের সমান। পরে উবথ কোণ পাঠ করিবে। অর্দ্ধ কোণ উবশ এইরূপে পাওয়া যাইবে :—

$$\frac{\text{উবক} + \text{উবথ}}{২}$$

বশ রেখা ব এর মধ্য দিয়া এবং মধ্যলগ্নবিন্দু গ এর ঠিক নিম্ন দিয়া যায়। অতএব বশ মধ্যরেখা।

উবশ কোণ জানা থাকিলে চুম্বকশলাকার বলন নির্ণয় করা যায় যথা উবশ যদি ১৮২° ৪৫′ হয়, তবে বলন ২° ৪৫′ ডব্লিউ হইবে ; কিন্তু উবশ যদি ১৭৫° ১১′ ২০″ হয়, তবে বলন ৪° ৩৮′ ৪০″ ই হইবে।

সমোচ্চরেখা (contour)।

পৃথিবীকে কর্ত্তন করিয়া একটী কাল্পনিক ক্ষিতিজতল ভূপৃষ্ঠের সহিত যে রেখায় মিলিত হয় তাহাকে সমোচ্চরেখা বলে। একটী হ্রদের শান্ত জলপৃষ্ঠ পুলিনের সহিত যে রেখায় মিলিত হয় তাহার বিষয় চিন্তা করিলেই সমোচ্চরেখার বিষয় সহজ বোধ্য হইবে। যদি জলপৃষ্ঠ আরও ৫ ফুট অধিক উচ্চে থাকিত, তবে উহা সম্পূর্ণ ভিন্ন রেখায় পুলিনে মিশিত। দুইটী নিকটবর্ত্তী সমোচ্চরেখার ঊর্দ্ধাধঃ ব্যবধান ৫ ফুট হইতে ১০০ ফুট পর্য্যন্ত হয়। নক্সানুযায়ী ঐ ব্যবধান অল্পাধিক হইবে। ছাত্রেরা সমোচ্চরেখার ধর্ম্মগুলি আলোচনা করিবে। এরূপ করিলে অভ্যাসসহ তাহারা নক্সায় ঐ রেখা হইতে ভূপৃষ্ঠের উচ্চাবচতা বুঝিতে পারিবে, এবং ভূমধ্যে স্তরযুক্ত প্রস্তরের (sedimentary

rocks) স্তরোদ্গম (outcrop) রেখা নির্ণয় করিতে সমর্থ হইবে।' সম-প্রবণতাযুক্ত ভূমিতে সমোচ্চরেখাগুলি নক্সায় সমদূরবর্ত্তী। সমতল ভূমিতে উহারা সমান্তরাল ঋজুরেখা। প্রত্যেক সমোচ্চরেখার দুই প্রান্ত নক্সায় অথবা উহার বাহিরে নিশ্চয় মিলিত হইবে। সমোচ্চরেখা ঘনসন্নিবিষ্ট হইলে বুঝিতে হইবে, ঐ স্থানের প্রবণতা অত্যন্ত অধিক। উহারা অধিক ব্যবধানে থাকিলে অল্প প্রবণতা সূচিত করে। উপত্যকায় সমোচ্চরেখা উহার এক পার্শ্ব দিয়া গমন করে, এবং উহার মধ্যে নালা যেখান হইতে আরম্ভ হইয়াছে তথায় রেখা বাঁকিয়া উহার অন্য পার্শ্বে যাইবে। ঐস্থানে রেখার আকৃতি ইংরাজী অক্ষর V সদৃশ হইবে। সমোচ্চরেখার দুইপ্রান্ত মিলিত হইলে একটী উন্নত কিম্বা আনত ভূমি নির্দ্দেশ করে।

ছাত্রেরা সমোচ্চরেখমানচিত্র হইতে ভূপৃষ্ঠের আকৃতি নির্দ্দেশক ছেদ (profile) অঙ্কিত করিতে অভ্যাস করিবে। ঐ মানচিত্রে অনুপ্রস্থে একটী রেখা টানিবে। উহা সমোচ্চরেখাগুলিকে যে বিন্দু সমূহে ভেদ করে তাহাদের দূরত্ব ঐ অনুপ্রস্থে অবস্থিত রেখায় মানযষ্ঠি দ্বারা মাপ করিবে। মানচিত্র হইতে বিন্দুগুলির উচ্চতা পাওয়া গেলে উহাদিগকে অঙ্কিত করা যাইবে। ইহা সুস্পষ্ট যে, ভূপৃষ্ঠের আকৃতি নির্দ্দেশক পর পর কতকগুলি ছেদ দেওয়া থাকিলে সমোচ্চরেখা বিহীন নক্সায় ঐ রেখা টানা যাইতে পারে।

যে স্থানে সমোচ্চরেখা নির্ণয় করিতে হইবে তথায় কতকগুলি সমান্তরাল সমব্যবধান রেখা ঝাণ্ডি দ্বারা শ্রেণীবদ্ধ (range) কর। উহাদের সমকোণে আর কতকগুলি সমান্তরাল সমব্যবধান রেখা ঐরূপে শ্রেণীবদ্ধ কর। শেষোক্ত রেখা সমূহের ব্যবধান এবং পূর্ব্বোক্ত রেখা সমূহের ব্যবধান সমান হইবে। অতএব স্থানটী কতকগুলি বর্গক্ষেত্রে বিভক্ত হইবে। যদি স্থানটী বিস্তৃত না হয় তবে ৫০ ফুট বাহুযুক্ত বর্গক্ষেত্র করিলেই চলিবে। রেখাগুলি যে বিন্দু সমূহে পরস্পর ভেদ করিয়াছে সেই বিন্দু সকলের গণিত উচ্চতা নির্ণয় কর। বিন্দু সমূহের মধ্যবর্ত্তী সমোচ্চরেখা সকল আনুপাতিক হিসাবে পাওয়া যাইবে। এই উপায়টী অত্যন্ত সূক্ষ্ম, কিন্তু ইহাতে অনেক সময় লাগে, অতএব বিরক্তিকর। বিস্তৃত ভূমিতে থিয়োডোলাইট ও জলসমীকরণ গজের সাহায্যে শীঘ্র শীঘ্র সমোচ্চরেখা নির্ণীত হইতে পারে। যন্ত্রকে একটী সমোচ্চ-রেখার কিছু উপরে বসাইয়া উহাকে জলসম করা হইল। একটী কুলি প্রবণভূমিতে গজ ধরিবে, এবং যতক্ষণ না দূরবীক্ষণের মধ্য দিয়া দেখিলে গজ ঈপ্সিত সমোচ্চ-রেখায় আইসে, ততক্ষণ সে ঐ স্থানের উপরে কিম্বা নীচের দিকে গজকে ইতস্ততঃ সরাইবে। যন্ত্রে চক্রবালীয় বৃত্তে কোণ পাঠ করিলে গজের দিক পাওয়া যাইবে, এবং উহার দূরত্ব ষ্টাডিয়া-তার দ্বারা নিরূপিত হইবে। অতএব দূরবীক্ষণে যতদূরে গজের অঙ্কপাঠ করা যায় ততদূর পর্য্যন্ত ঐ সমোচ্চরেখাস্থিত বিভিন্ন বিন্দু সমূহের স্থান নির্ণয় করিয়া উহাদিগকে নক্সায় অঙ্কিত করা যাইবে।

যন্ত্র ব্যবস্থাপন।

(Adjustment of Instruments)।

জলসমীকরণ যন্ত্র (the level)।

জলসমীকরণ যন্ত্র দুই প্রকার। একটীতে দূরবীক্ষণ স্থাপন করিবার জন্য ইংরাজী Y অক্ষর সদৃশ দুইটী আশ্রয়স্থান (supports) আছে। দূরবীক্ষণকে ঐ আশ্রয়স্থানদ্বয় হইতে খুলিয়া লইয়া উহার প্রান্ত পাল্টাইয়া (turned end for end) পুনরায় Yএ রাখা যায়। এই যন্ত্রকে Y যন্ত্র (level) বলে। অন্যটীর উর্দ্ধাধঃ অক্ষ (vertical axis), এবং দূরবীক্ষণের আশ্রয় স্থানদ্বয় দৃঢ়রূপে আবদ্ধ। এই যন্ত্রটীর নাম ডাম্পি যন্ত্র (Dumpy level)। ঐ যন্ত্রের অঙ্গপ্রত্যঙ্গ (parts) খুব কম ক্ষয় প্রায় হয়। অতএব অসাবধানে ব্যবহার করিলে উহা Y যন্ত্রের ন্যায় শীঘ্র খারাপ হইয়া যায় না।

Y যন্ত্র দ্বারা কার্য্য আরম্ভ করিবার পূর্ব্বে যন্ত্রকে স্থায়িভাবে ব্যবস্থাপিত করিতে হইবে। ইহার ব্যবস্থাপনের চারিটী প্রক্রিয়া ঃ—

(১) যন্ত্র যখন ক্ষিতিজতলের সহিত সমান্তর (জলসম) থাকিবে, তখন উহার ক্ষিতিজকেশ ঐ তলের ঠিক সমান্তরালে রাখা।

(২) দৃষ্টিরেখাকে Y সদৃশ আশ্রয়স্থানদ্বয়ের সমান্তরাল করা।

(৩) দৃষ্টিরেখাকে বুদ্বুদ্‌যুক্ত নলের সমান্তরাল করা।

(৪) বুদ্বুদ্‌যুক্ত নলকে উর্দ্ধাধঃ অক্ষের সমকোণে রাখা।

(১) ক্ষিতিজকেশ দ্বারা একটী বিন্দুকে কর্ত্তন কর, এবং দূরবীক্ষণকে ক্ষিতিজতলে ইতস্ততঃ অল্প আবর্ত্তিত কর। বিন্দু কেশ ছাড়াইয়া গিয়াছে কিনা দেখ। যদি না যায়, তবে ঐ কেশ ঠিক আছে। যদি ছাড়াইয়া গিয়া থাকে, তবে যে ফ্রেমে অর্থাৎ ঝিল্লীতে কেশগুলি সংযুক্ত তাহাকে ঘুরাইয়া কেশ ঠিক কর।

(২) ক্ষিতিজকেশ দ্বারা যে সকল বিন্দু কর্ত্তিত হইয়াছে তাহাদের মধ্যে একটী সুস্পষ্ট বিন্দুকে লক্ষ্য কর। দূরবীক্ষণকে উহার অক্ষের উপর ১৮০° ঘুরাও, এবং পুনরায় ঐ বিন্দুকে দেখ। যদি বিন্দু কেশ ছাড়াইয়া যায়, তবে যে স্ক্রু দ্বারা ঝিল্লী উঠান নামান যায় তাহা দ্বারা অর্দ্ধেক ভুল সংশোধন কর। পুনরায় পরীক্ষা কর, অর্থাৎ ক্ষিতিজকেশ দ্বারা একটী সুস্পষ্ট বিন্দুকে লক্ষ্য কর, এবং দূরবীক্ষণকে উহার অক্ষের উপর ১৮০° ঘুরাইয়া ঐ বিন্দুকে দেখ। এখন দেখিবে যে, কেশ বিন্দুকে কর্ত্তন করিয়াছে, অন্ততঃ পূর্ব্বাপেক্ষা উহার নিকটে গিয়াছে। যদি ঠিক কর্ত্তন না করে, তবে পুনঃ

ঝিল্লীকে উঠাইয়া বা নামাইয়া অর্দ্ধেক ভুল সংশোধন করিবে। আবার পরীক্ষা করিবে। যতক্ষণ না ঠিক হয়, ততক্ষণ এইরূপে কার্য্য করিবে।

(৩) যন্ত্রকে ঠিক করিয়া বসাও এবং দূরবীক্ষণ তুইটী পাদস্ক্রুব সমান্তরালে রাখ। ঐ তুইটী পাদস্ক্রু দ্বারা বুদ্বুদ্‌কে উহার নলের মধ্যস্থানে আনয়ন কর। যন্ত্রকে উহার উদ্ধাধঃ অক্ষরে উপর এক সমকোণে আবর্ত্তিত কর, এবং পূর্ব্বমত বুদ্বুদ্‌কে মধ্যস্থানে আন। এরূপ করাতে যন্ত্রটী মোটামুটি জলসম হইল। এখন Y দ্বয় হইতে দূরবীক্ষণ উঠাও, উহার প্রান্ত পাল্টাও, এবং পুনরায় Y এ রাখ। এই কার্য্যে Y দ্বয়ের দিক যেন পরিবর্ত্তিত না হয়, অর্থাৎ যন্ত্র যেন একটুও ঘুরিয়া না যায়। এখন বুদ্বুদ্ বোধ হয় মধ্যস্থান হইতে একটু সরিয়া যাইবে। বুদ্বুদ্‌যুক্ত নলের প্রান্তস্থিত ক্যাপ্‌ষ্ট্যান্ স্ক্রু দ্বারা অর্দ্ধেক ভুল সংশোধন করিবে। পুনরায় পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে, বুদ্বুদ্ মধ্যস্থলে আসিয়াছে। যদি না আসে, তবে যতক্ষণ না ঠিক হয়. ততক্ষণ এই কার্য্য সমূহ বার বার করিবে।

(৪) যন্ত্রকে জলসম কর. যেন বুদ্বুদ্‌টী নলের ঠিক মধ্যস্থলে থাকে। দূরবীক্ষণকে ক্ষিতিজতলে ১৮০° আবর্ত্তিত কর. এবং যদি বুদ্বুদ্ মধ্যস্থলে না থাকে, তবে Y এর নীচে যে ক্যাপ্‌ষ্ট্যান্ স্ক্রু আছে তাহা দ্বারা অর্দ্ধেক ভুল সংশোধন কর।

ডাম্পি যন্ত্রের ব্যবস্থাপন পদ্ধতি Y যন্ত্রের পদ্ধতি হইতে ভিন্ন। ইহার ব্যবস্থাপন প্রক্রিয়া তিনটী।—

(১) যন্ত্র যখন ক্ষিতিজতলের সহিত সমান্তর (জলসম) হইবে, তখন উহার ক্ষিতিজকেশ ঐ তলের সহিত সমান্তরে রাখা।

(২) বুদ্বুদ্‌যুক্ত নলকে উদ্ধাধঃ অক্ষের সহিত সমকোণে রাখা।

(৩) দৃষ্টিরেখাকে বুদ্বুদ্‌যুক্ত নলের সমান্তর করা।

(১) এই প্রক্রিয়া Y যন্ত্রে যেরূপে করা হয় ডাম্পি যন্ত্রেও সেইরূপে করিবে।

(২) যন্ত্রকে মোটামুটি জলসম কর. এবং দূরবীক্ষণকে তুইটী পাদস্ক্রুর সমান্তরে রাখিয়া বুদ্বুদ্‌কে নলের মধ্যস্থলে আনয়ন কর। দূরবীক্ষণকে ক্ষিতিজ-তলে ১৮০° আবর্ত্তিত কর এবং বুদ্বুদ্ যদি মধ্যস্থলে না থাকে. তবে নলের প্রান্তে যে ক্যাপ্‌ষ্ট্যান্ স্ক্রু আছে তাহা দ্বারা অর্দ্ধেক ভুল সংশোধন কর। পুনরায় পরীক্ষা কর. এবং যতক্ষণ না বুদ্বুদ্ মধ্যস্থলে আইসে ততক্ষণ এই কার্য্য সমূহ বার বার কর।

৩) এই প্রক্রিয়াটী অধিকতর জটিল। ১৫০ ফুট দূরে তুইটী ক ও খ বিন্দু মনোনীত কর। ক বিন্দুতে যন্ত্র বসাও। দূরবীক্ষণকেন্দ্রের উচ্চতা গজ দ্বারা সঠিক মাপ, এবং পুস্তকে লেখ। খ দিকে দূরবীক্ষণ রাখ. বুদ্বুদ্‌কে

মধ্যস্থলে আনয়ন কর, এবং খ স্থিত গজ পাঠ কর। মনে কর, কঞ দূরবীক্ষণের উচ্চতা ৪'৩৫ এবং খঞ গজের পাঠ ৫'৫৪। ইহা হইতে ক খ অপেক্ষা ১'১৯ ফুট উচ্চ আমরা জানিতে পারি।

এখন খঞ যন্ত্র বসাইয়া কঞ যে সকল কার্য্য করা হইয়াছিল তাহা পুনরায় করিবে। মনে কর, খঞ দূরবীক্ষণের উচ্চতা ৪'৫৩, এবং কঞ গজের পাঠ ৩'৫৯। ইহা হইতে ক খ অপেক্ষা ০'৯৪ ফুট উচ্চ আমরা জানিতে পারি।

অতএব ১'১৯ এবং ০'৯৪ এর মধ্যম লইলে ক খ অপেক্ষা ঠিক কত উচ্চে আছে তাহা নির্ণীত হইবে। সুতরাং ক খ অপেক্ষা ঠিক ১'০৬৫ ফুট উচ্চ। এখন খঞ যন্ত্র যেমন আছে উহাকে তদবস্থায় রাখিয়া, ক স্থিত গজে ৩'৮৬৫ ফুট উচ্চে একটী চিহ্ন করা হইল। এই চিহ্ন খ স্থিত দূরবীক্ষণের এক ক্ষিতিজতলে হইবে। এখন ঝিল্লীর ক্ষিতিজকেশকে এরূপে ব্যবস্থিত করিতে হইবে, যেন উহা ক স্থিত গজে ৩'৪৬৫ পাঠ দেয়। এরূপ করিলে ক্ষিতিজকেশ ঠিক হইবে। বুদ্বুদ্‌যুক্ত নলকে অগ্রেই জলসম করা হইয়াছে, কাজেই এখন দৃষ্টিরেখা ঐ নলের সমান্তরাল হইতে বাধ্য।

কম্পাসের ব্যবস্থাপন প্রক্রিয়াগুলি এইরূপ :—

কম্পাস (the compass)।

(১) কেশ ঋজু করা।

(২) শলাকার মন্থরগতি (sluggish movement) সংশোধন করা।

(৩) শলাকাকে সমতুল করা, যেন উহা ক্ষিতিজতলে ঘুরে।

(৪) শলাকা ঋজু করা।

(৫) বিবর্ত্তন কীলককে ঋজু করা।

(৬) বুদ্বুদ্‌যুক্ত নলকে ব্যবস্থিত করা, যেন উহা উর্দ্ধাধঃ অক্ষের সহিত সমকোণ করে।

(১) কেশ যদি আল্‌গা থাকে, তবে কাষ্ঠের ক্ষুদ্র গুঁজির (plug) সাহায্যে নূতন কেশ লাগানই যুক্তিযুক্ত। খনির ভিতরস্থ জরিপে যন্ত্রে অশ্বের কিম্বা ছাগলের সাদা বালাম্চি থাকিলে উত্তম হয়। দেয়াশলাইয়ের কাঠি হইতে গুঁজি প্রস্তুত করা যায়।

(২) বিবর্ত্তন কীলকের অগ্রভাগে মরিচা ধরিলে কিম্বা উহা স্থূল হইয়া যাইলে শলাকার গতি মন্থর হয়। কীলকের উপরিভাগ ঘষিয়া পালিস্ করিয়া উহাতে একটু খনিজ তৈল (mineral oil) লাগাইয়া দিলে শলাকা উহার উপর অবলীলাক্রমে ঘুরিবে। শলাকা যখন ব্যবহার করা না হয়, তখন উহা যেন কীলকের উপর না থাকে। তখন উহাকে উত্তোলক দণ্ড (lever) দ্বারা

উঠাইয়া রাখিতে হইবে। এক ষ্টেসন্ হইতে অন্য ষ্টেসনে যন্ত্র বহন করিবার সময় কোনমতে ওরূপ করিতে ভুল না হয়।

(৩) যন্ত্রকে জলসম করিলে শলাকা যদি কাচের গাত্রে লাগিয়া থাকে, তাহা হইলে ক্ষুদ্র সমভারটী (counter weight) অগ্রে কিম্বা পশ্চাতে সরাইয়া শলাকাকে সমতুল (balance) করিতে হইবে।

(৪) শলাকার এন্ ও এস্ প্রান্তদ্বয় হইতে কোণের যে দুইটী পাঠ পাওয়া যাইবে তাহাদের বিয়োগফল যদি ১৮০° না হয়, তবে বুঝিতে হইবে, হয় শলাকা, না হয় কীলক, অথবা উভয়েই বাঁকিয়া গিয়াছে। শলাকাকে ঋজু করিতে হইলে উহার এন্ প্রান্ত বিভক্ত বৃত্তের কোন একটী নির্দ্দিষ্ট দাগের সহিত মিলাইয়া এস্ প্রান্ত পাঠ কর। যন্ত্রকে ১৮০° আবর্ত্তিত কর, এবং এস্ প্রান্ত ঐ নির্দ্দিষ্ট দাগের সহিত মিলাও। এখন এন্ প্রান্ত পাঠ কর। এই পাঠ যদি পূর্ব্বপাঠের সহিত এক না হয়, তবে শলাকা বাঁকিয়া গিয়াছে বুঝিতে হইবে। শলাকাকে উল্টা দিকে বাঁকাইয়া অর্দ্ধেক ভুল সংশোধন কর। এখন শলাকা ঋজু হইবে। কিন্তু কীলক যদি বক্র থাকে, তবে বৃত্তের সকল স্থানে উভয় প্রান্তের পাঠে ১৮০° প্রভেদ হইবে না।

(৫) যদি কীলক বক্র এবং শলাকা ঋজু থাকে, তবে বিভক্ত বৃত্তের মাত্র এক স্থানে শলাকার প্রান্তদ্বয় ১৮০° অন্তরে আসিবে। ঐ স্থানের ৯০° অন্তরে দুই প্রান্তের পাঠদ্বয়ের বিয়োগফল এবং ১৮০° এই দুইএর মধ্যে সর্ব্বাপেক্ষা অধিক পার্থক্য লক্ষিত হইবে। এই দুই স্থান নির্ণয় কর, এবং প্রথম স্থানের রেখায় কীলক যথাদিকে বাঁকাইবে। পরে দ্বিতীয় স্থানে প্রান্তদ্বয় পাঠ করিবে। ঐ পাঠে ১৮০° প্রভেদ হইলে কীলক ঋজু হইয়াছে জানা যাইবে।

(৬) প্রত্যেক বুদ্বুদযুক্ত নলকে স্বতন্ত্র ব্যবস্থিত করিতে হইবে। একটী নলকে ব্যবস্থিত করিতে হইলে উহার বুদ্বুদকে মধ্যস্থানে আনয়ন কর। যন্ত্রকে ১৮০° আবর্ত্তিত কর, এবং বুদ্বুদ মধ্যস্থলে না থাকিলে নলের প্রান্তে ক্যাপ্‌ষ্ট্যান্ স্ক্রু দ্বারা অর্দ্ধেক ভুল সংশোধন কর।

থিয়োডোলাইটের ব্যবস্থাপন প্রক্রিয়া এইরূপঃ—

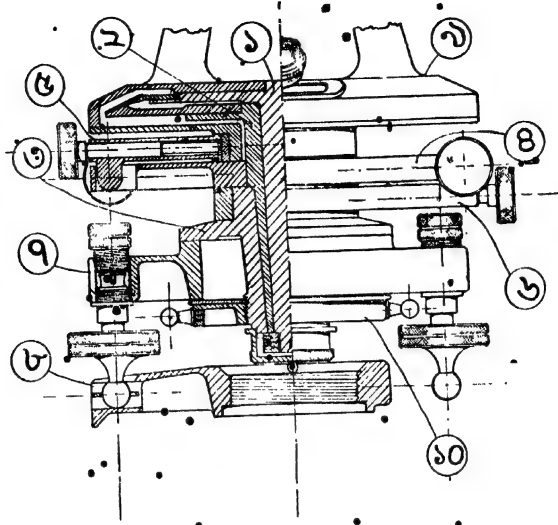
থিয়োডোলাইট (the theodolite)।

(১) চক্রবালীয় বৃত্তাস্থিত বুদ্বুদযুক্ত নলকে উর্দ্ধাধঃ অক্ষের সহিত সমকোণ করা।

(২) দূরবীক্ষণ উর্দ্ধাধঃ বৃত্তে আবর্ত্তন করিবার সময় যে অক্ষের উপরে ঘুরে, সেই ক্ষিতিজ অক্ষের সহিত যন্ত্রের দৃষ্টিরেখা সমকোণে রাখা।

(৩) ক্ষিতিজ অক্ষকে উর্দ্ধাধঃ অক্ষের সমকোণ করা।

(৪) দূরবীক্ষণের দৃষ্টিরেখাকে উহার বুদ্বুদযুক্ত নলের সহিত সমান্তর করা।

(৫) উর্দ্ধাধঃ কোণ মাপিতে হইলে "সূচির ভুল" (index error) সংশোধন করা।

১২১ চিত্র—আদর্শ থিয়োডোলাইটের তলভাগ (ওয়াট্‌স্)।

নং।	অংশ।	নং।	অংশ।
১	বেল মেটাল নির্ম্মিত কেন্দ্র।	৬	নিম্নের ক্লাম্প।
২	মধ্যবর্ত্তী কেন্দ্র।	৭	উপরের তেপায়া।
৩	বাহ্যবন্দ।	৮	নিম্নের তেপায়া।
৪	স্পর্শনী ফ্রেম।	৯	উপরের প্লেট।
৫	উপরের ক্লাম্প।	১০	ক্লাম্প করিবার চাক্তি।

(১) কম্পাসে যেরূপে বুদ্বুদ্‌যুক্ত নল ব্যবস্থিত হয় থিয়োডোলাইটেও সেই ভাবে চক্রবালীয় বৃত্তস্থিত বুদ্বুদ্‌যুক্ত নল ব্যবস্থিত হয়। প্রত্যেক নলকে স্বতন্ত্রভাবে ঠিক করিতে হইবে।

(২) দূরবীক্ষণ দ্বারা ১৫০ ফুট অন্তরে একটী ক বিন্দু কর্ত্তন কর, এবং চক্রবালীয় বৃত্ত ক্ল্যাম্প দ্বারা আবদ্ধ কর। দূরবীক্ষণকে উর্দ্ধাধঃ বৃত্তে প্রায় ১৮০° ঘুরাও, এবং দৃষ্টিরেখায় ১৫০ ফুট অন্তরে একটী খ বিন্দু মনোনীত কর। চক্রবালীয় বৃত্ত আল্‌গা করিয়া যন্ত্রকে ১৮০° আবর্ত্তন করতঃ ককে দেখ। অতঃপর চক্রবালীয় বৃত্ত পুনরায় আবদ্ধ করিয়া উর্দ্ধাধঃ বৃত্তে ঘুরাও এবং খকে দেখ। যদি খ দৃষ্টিরেখায় থাকে তবে যন্ত্র ঠিক আছে। যদি না থাকে, তবে দৃষ্টিরেখায় একটী গ বিন্দু মনোনীত কর। খগ রেখায়

একটী ঘ বিন্দু লও, যেন গঘ $= \frac{১}{৪}$ গখ হয়। ঝিল্লীকে উহার স্ক্রু দ্বারা সরাইয়া দূরবীক্ষণের দৃষ্টিরেখার সাহায্যে ঘ বিন্দুকে কর্ত্তন কর। এখন দৃষ্টিরেখা ক্ষিতিজ অক্ষের ঠিক সমকোণে হইবে।

(৩) যন্ত্রকে জলসম কর। যন্ত্রের সহিত এক ক্ষিতিজতলে অবস্থিত একটী ক বিন্দুকে লক্ষ্য কর। দূরবীক্ষণকে ঊর্দ্ধাধঃ তলে যতটুকু আবশ্যক ততটুকু ঘুরাইয়া উচ্চে অবস্থিত একটী খ বিন্দু কর্ত্তন কর। দূরবীক্ষণকে ঊর্দ্ধাধঃ তলে ১৮০° ঘুরাও। পরে যন্ত্রকে ক্ষিতিজতলে ১৮০° আবর্ত্তন করিয়া পুনবার খ বিন্দুকে কর্ত্তন কর। চক্রবালীয় বৃত্ত স্থাবদ্ধ কর। দূরবীক্ষণকে ঊর্দ্ধাধঃ তলে নিম্নে ঘুরাইয়া ক বিন্দুকে লক্ষ্য করিতে চেষ্টা কর। যদি দৃষ্টিরেখা ঠিক ককে কর্ত্তন করে, তাহা হইলে ঊর্দ্ধাধঃ অক্ষ ক্ষিতিজ অক্ষের ঠিক সমকোণে আছে। যদি না করে, তবে দৃষ্টিরেখায় ক এর সমান উচ্চে একটী গ বিন্দু লও, এবং স্ক্রু দ্বারা দূরবীক্ষণের ঊর্দ্ধাধঃ কেশকে ক এবং গ এর ঠিক মধ্যস্থলে আন।

(৪) জলসমীকরণ যন্ত্রের দৃষ্টিরেখা যেভাবে বুদ্বুদ্‌যুক্ত নলের সমান্তর করা হয়, থিয়োডোলাইটেও সেইভাবে করা হয়।

(৫) যখন দূরবীক্ষণ এবং উহার বুদ্বুদ্‌যুক্ত নলকে ব্যবস্থাপিত করিয়া উহাদিগকে জলসম করা হয়, তখন হয়ত ঊর্দ্ধাধঃ বৃত্তের শূন্যরেখা উহার ভার্ণিয়ারের শূন্যের সহিত মিলিত হইবে না। ইহাকে "সূচীর ভুল" বলে। ঐ ভুল সংশোধন করিবার জন্য যে স্ক্রু আছে তাহার সাহায্যে সংশোধন করিবে।

অসমকেন্দ্রতার নিমিত্ত থিয়োডোলাইটে আর এক প্রকার ভুল হয়। বিপরীতদিকে অবস্থিত দুইটী ভার্ণিয়ার পাঠ করিয়া মধ্যম পাঠ লইলে এই ভুল নিরাকৃত হয়।

নবম অধ্যায়ের প্রশ্নমালা।

১। বোর-গর্ত্ত দ্বারা একটী কয়লাস্তর পরীক্ষা (prove a coal seam) করিয়া উহার নতি ও মিলন রেখা নির্ণয় করিতে হইবে। ঐরূপ করিতে কতগুলি গর্ত্ত করিবে? উহার কারণ দর্শাও।

১। একটী কয়লাস্তর পর্য্যন্ত তিনটী বোর-গর্ত্ত করা হইয়াছে। যে অংশে গর্ত্ত করা হইয়াছে তথায় স্থানচ্যুতি নাই। ভূপৃষ্ঠে গর্ত্তগুলির গণিত উচ্চতা এইরূপ:—

ক	...	১৭৬·২৫
খ	...	১১৭·৭৫
গ	...	১১০·০০

ভূপৃষ্ঠ হইতে গর্ত্তগুলির গভীরতা এইরূপ:—

ক	...	৪৮০·০০ ফুট,
খ	...	৬০১·৫০ ফুট,
গ	...	৭৩৩·৭৫ ফুট।

জরিপ করিলে জানা যায়, কগ ঠিক পূর্ব্বদিকে আছে, এবং উহা ১৪১৬ ফুট দীর্ঘ। গখ এন ৩০° ডব্‌লিউ দিকে আছে, এবং উহা ৬২০ ফুট লম্বা। স্তরের নতি সর্ব্বাপেক্ষা অধিক কোন দিকে, এবং উহার পরিমাণ কত?

উত্তর:—এস্ ৪২° ই। ৪ এ ১।

৩। দ্বিতীয় প্রশ্নে, গর্ত্ত করিবার পর দেখা গেল ক এবং খগ এর মধ্যে একটী ৩১ ফুট স্থানচ্যুতি আছে। উহা পূর্ব্বদিকে অবস্থিত। স্তরের নতি সর্ব্বাপেক্ষা অধিক কোন্ দিকে এবং উহার পরিমাণ কত?

উত্তর:—এস্ ৪৭° $\frac{১}{৪}$ ই। ৩·৯ এ ১।

৪। একটী চানকে ১১ ফুট অন্তরে দুইটী তার দ্বারা ওলন ঝুলাইয়া খনির ভিতরে ভূমিরেখা পাত করিতে জনৈক জরিপকারী উত্তরের তারটী ভুলক্রমে যথাস্থান হইতে $\frac{১}{১৬}$ ইঞ্চি পূর্ব্বে রাখিয়াছেন, এবং দক্ষিণের তারটী $\frac{১}{১২}$ ইঞ্চি পশ্চিমে রাখিয়াছেন। তারদ্বয় সূচিত ভূমিরেখার সাহায্যে একটী রাস্তা চালান হইয়াছে। চানক হইতে খনির দক্ষিণ সীমানা ১ মাইল দূরে আছে। ঐ ভূমিরেখার কৌণিক ভুল (angular error) কত, এবং রাস্তা যদি দক্ষিণ সীমানা পর্য্যন্ত চালান হয়, তবে রাস্তা কতটা পার্শ্বে সরিয়া যাইবে?

উত্তর:—৩$\frac{১}{২}$ মিনিট। ৫ ফুট ১০ ইঞ্চি।

৫৫. দুইটী চানক ৭৪ ফুট অন্তরে আছে। উত্তর দক্ষিণে একটী ভূমিরেখা পাত করিবার নিমিত্ত প্রত্যেক চানকে তার দ্বারা ওলন ঝুলান হইয়াছে। জরিপকারী উত্তরের তারকে ভুলক্রমে যথাস্থান হইতে $\frac{১}{৮}$ ইঞ্চি পূর্ব্বে রাখিয়াছেন, এবং দক্ষিণের তারকে $\frac{১}{৫}$ ইঞ্চি পশ্চিমে রাখিয়াছেন। খনির দক্ষিণ সীমানা ১ মাইল দূরে। ভূমিরেখার কৌণীক ভুল কত, এবং রেখা যদি দক্ষিণ সীমানা পর্য্যন্ত চালিত হয়, তবে উহা কতটা পার্শ্বে সরিয়া যাইবে।

উত্তর:—১ $\frac{১}{২}$ মিনিট। ২ ফুট।

নির্ঘণ্ট

পৃষ্ঠা।

পৃষ্ঠা।

পৃষ্ঠা।

পৃষ্ঠা।

পৃষ্ঠা।

পৃষ্ঠা।

পৃষ্ঠা।

পৃষ্ঠা।

পৃষ্ঠা।

B. S Press—8-12-1921—509V—750—B L D.